



Universidad Nacional de La Plata

Facultad de Ingeniería



**TRABAJO FINAL**

***CARACTERIZACIÓN DE LA ESTELA DE UN  
GENERADOR DE VÓRTICES INMERSO EN UNA  
CORRIENTE TURBULENTA***

Alumno Pablo Mantelli 54862/7

Director Guillermo Capittini

Co-Director Sebastián Delnero

Coordinador Claudio Rimoldi

## Contenido

Índice de figuras .....	3
Índice de tablas .....	7
Introducción .....	9
Objetivo .....	15
Metodología .....	16
Diseño experimental .....	21
Túnel de viento cerrado .....	21
Placa plana .....	21
Geometría VG .....	22
Equipo de anemometría de hilo caliente de 6 canales DANTEC: .....	23
Micro manómetro diferencial testo 512: .....	24
Posicionado del anemómetro: .....	24
Fuente de potencia: .....	28
Procesamiento de datos .....	29
Escala de turbulencia .....	29
Intensidad de la turbulencia. ....	30
Velocidad Media .....	30
Densidad espectral PSD .....	30
Resultados .....	31
Gráficos de velocidades medias a lo largo de la cuerda y envergadura de la placa plana .....	31
Intensidad de la turbulencia. ....	79
Escala de turbulencia .....	104
Densidad espectral PSD .....	116
Zona de influencia .....	129
Resultados para la zona de influencia .....	148
Conclusiones .....	149
Trabajos futuros .....	150
Referencias .....	151

## Índice de figuras

Figura 1: corriente libre alrededor de un cuerpo romo.....	10
Figura 2: contracorriente cerca de la pared .....	11
Figura 3: frente anguloso vs frente redondeado .....	11
Figura 4: tipos de VGs.....	12
Figura 5: VGs encargados de crear Y250.....	13
Figura 6: Generación de vórtice.....	13
Figura 7: orientación de VG .....	14
Figura 8: vista lateral de placa plana .....	16
Figura 9: ángulos de ataque del VG .....	16
Figura 10: plano 1.....	17
Figura 11: plano 2.....	17
Figura 12: plano 3.....	18
Figura 13: plano 4.....	19
Figura 14: vista general de los planos .....	19
Figura 15: sección de prueba.....	21
Figura 16: planta general túnel de viento .....	21
Figura 17: vista frontal .....	22
Figura 18: Carenado de columnas y borde de ataque .....	22
Figura 19: vista lateral del VG .....	23
Figura 20: vista frontal del VG.....	23
Figura 21: mecanismo de posición del VG .....	23
Figura 22: anemómetro siempre en borde de fuga del VG.....	24
Figura 23: punta de anemómetro.....	24
Figura 24: micro manómetro diferencial testo 512 .....	24
Figura 25: posicionado del anemómetro.....	25
Figura 26: carro para el movimiento horizontal.....	25
Figura 27: movimiento vertical.....	26
Figura 28: NEMA 17.....	26
Figura 29: NEMA 23.....	26
Figura 30: Vista trasera del posicionado .....	27
Figura 31: Driver para motores paso a paso .....	27
Figura 32: Fuente de potencia .....	28
Figura 33: Función autocorrelación .....	29
Figura 34: Criterio de escala predominante .....	30
Figura 35: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G0° .....	31
Figura 36: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G15° .....	32
Figura 37: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G30° .....	33
Figura 38: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G0° .....	34
Figura 39: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G15° .....	35
Figura 40: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G30° .....	36
Figura 41: Componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G0°.....	37
Figura 42: Componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G15°.....	38
Figura 43: Componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G30°.....	39
Figura 44: Componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G0°.....	40
Figura 45: Componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G15°.....	41
Figura 46: Componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G30°.....	42
Figura 47: Componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G0° .....	43
Figura 48: Componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G15° .....	44

Figura 49: Componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G30° .....	45
Figura 50: Componente longitudinal de velocidad media P2 Vel9m/s G0° .....	46
Figura 51: Componente longitudinal de velocidad media P2 Vel9m/s G15° .....	47
Figura 52: Componente longitudinal de velocidad media P2 Vel9m/s G30° .....	48
Figura 53: Componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G0° .....	49
Figura 54: Componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G15° .....	50
Figura 55: Componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G30° .....	51
Figura 56: Componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G0° .....	52
Figura 57: Componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G15° .....	53
Figura 58: Componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G30° .....	54
Figura 59: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G0° .....	55
Figura 60: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G15° .....	56
Figura 61: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G30° .....	57
Figura 62: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G0° .....	58
Figura 63: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G15° .....	59
Figura 64: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G30° .....	60
Figura 65: Componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G0° .....	61
Figura 66: Componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G15° .....	62
Figura 67: Componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G30° .....	63
Figura 68: Componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G0° .....	64
Figura 69: Componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G15° .....	65
Figura 70: Componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G30° .....	66
Figura 71: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G0° .....	67
Figura 72: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G15° .....	68
Figura 73: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G30° .....	69
Figura 74: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G0° .....	70
Figura 75: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G15° .....	71
Figura 76: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G30° .....	72
Figura 77: Componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G0° .....	73
Figura 78: Componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G15° .....	74
Figura 79: Componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G30° .....	75
Figura 80: Componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G0° .....	76
Figura 81: Componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G15° .....	77
Figura 82: Componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G30° .....	78
Figura 83: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	79
Figura 84: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	80
Figura 85: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	80
Figura 86: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	81
Figura 87: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	81
Figura 88: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	82
Figura 89: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	83
Figura 90: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	83
Figura 91: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	84
Figura 92: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	84
Figura 93: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	85
Figura 94: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	85
Figura 95: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	86
Figura 96: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	86
Figura 97: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	87
Figura 98: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm]) .....	87





<i>Figura 149: PSD para 0°, 15° y 30° .....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 150: PSD para 0°, 15° y 30° .....</i>	<i>127</i>
<i>Figura 151: PSD para 0°, 15° y 30° .....</i>	<i>128</i>
<i>Figura 152: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>130</i>
<i>Figura 153: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 154: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>131</i>
<i>Figura 155: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 156: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>132</i>
<i>Figura 157: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 158: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 159: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 160: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>134</i>
<i>Figura 161: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 162: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>135</i>
<i>Figura 163: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 164: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>136</i>
<i>Figura 165: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 166: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 167: Zona de influencia para la IT .....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 168: Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 169 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 170 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 171 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 172 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>141</i>
<i>Figura 173 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 174 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>142</i>
<i>Figura 175 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 176 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>143</i>
<i>Figura 177 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 178 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>144</i>
<i>Figura 179 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 180 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>145</i>
<i>Figura 181 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 182 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>146</i>
<i>Figura 183 Zona de influencia de la escala espacial.....</i>	<i>147</i>

## Índice de tablas

Tabla 1: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G0° .....	31
Tabla 2: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G15° .....	32
Tabla 3: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G30° .....	33
Tabla 4: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G0° .....	34
Tabla 5: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G15° .....	35
Tabla 6: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G30° .....	36
Tabla 7: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G0° .....	37
Tabla 8: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G15° .....	38
Tabla 9: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G30° .....	39
Tabla 10: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G0° .....	40
Tabla 11: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G15° .....	41
Tabla 12: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G30° .....	42
Tabla 13: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G0° .....	43
Tabla 14: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G15° .....	44
Tabla 15: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G30° .....	45
Tabla 16: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel9m/s G0° .....	46
Tabla 17: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel9m/s G15° .....	47
Tabla 18: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel9m/s G30° .....	48
Tabla 19: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G0° .....	49
Tabla 20: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G15° .....	50
Tabla 21: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G30° .....	51
Tabla 22: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G0° .....	52
Tabla 23: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G15° .....	53
Tabla 24: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G30° .....	54
Tabla 25: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G0° .....	55
Tabla 26: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G15° .....	56
Tabla 27: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G30° .....	57
Tabla 28: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G0° .....	58
Tabla 29: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G15° .....	59
Tabla 30: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G30° .....	60
Tabla 31: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G0° .....	61
Tabla 32: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G15° .....	62
Tabla 33: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G30° .....	63
Tabla 34: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G0° .....	64
Tabla 35: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G15° .....	65
Tabla 36: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G30° .....	66
Tabla 37: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G0° .....	67
Tabla 38: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G15° .....	68
Tabla 39: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G30° .....	69
Tabla 40: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G0° .....	70
Tabla 41: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G15° .....	71
Tabla 42: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G30° .....	72
Tabla 43: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G0° .....	73
Tabla 44: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G15° .....	74
Tabla 45: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G30° .....	75
Tabla 46: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G0° .....	76
Tabla 47: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G15° .....	77
Tabla 48: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G30° .....	78

<i>Tabla 49: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 50: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>104</i>
<i>Tabla 51: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 52: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>105</i>
<i>Tabla 53: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 54: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>106</i>
<i>Tabla 55: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 56: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 57: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>107</i>
<i>Tabla 58: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 59: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>108</i>
<i>Tabla 60: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 61: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>109</i>
<i>Tabla 62: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 63: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>110</i>
<i>Tabla 64: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 65: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>111</i>
<i>Tabla 66: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 67: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>112</i>
<i>Tabla 68: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 69: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>113</i>
<i>Tabla 70: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 71: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 72: Escalas de turbulencia .....</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 73: Zona de influencia.....</i>	<i>148</i>

# Introducción

---

La necesidad de comparar resultados experimentales o teóricos, ya sea en el campo de la fluidodinámica o en cualquier otro de la ciencia, nos hace necesario definir parámetros con los cuales podamos saber cuándo un modelo es equivalente a otro. En nuestro caso particular este parámetro es el número de Reynolds, este número es una medida entre las fuerzas inerciales y las viscosas a las que se ve sometido nuestro sistema cuerpo-fluido.

El número de Re de un objeto, que se encuentra en el seno de un fluido en movimiento, nos dice la relación existente entre las fuerzas viscosas y de inercia que sufre una partícula del flujo que rodea el cuerpo. Este número adimensional es de gran utilidad, por ejemplo si tenemos un objeto en el seno de un fluido que se mueve a una velocidad y luego al mismo lo sumergimos en otro tipo de fluido que se mueve a una velocidad distinta al del anterior y para ambos casos obtenemos el mismo número de Reynolds, se dice que las dos condiciones serán fluidomecánicamente semejantes, es decir que la proporción entre las fuerzas viscosas y de inercia que sufre una partícula serán iguales en ambos casos. [1]

Al sumergir un cuerpo romo en un flujo, como por ejemplo el aire, se generan fuerzas que actúan sobre la superficie del mismo. Estas fuerzas son generadas por la variación del campo de presiones a lo largo de todo su perímetro. En el caso de un perfil aerodinámico, la resultante de esta fuerza suele separarse en dos, una en la dirección perpendicular a la corriente incidente y otra alineada con la misma. Estas se denominan sustentación y resistencia respectivamente. Con el fin de mejorar el tratamiento analítico se introducen coeficientes adimensionales ya que estos resultan función del número de Reynolds y no de las magnitudes que lo componen independientemente. En aerodinámica, los coeficientes más conocidos son el coeficiente de sustentación  $C_l$  y el coeficiente de resistencia  $C_d$

Por lo expuesto anteriormente se establece que para un cuerpo sumergido en flujos distintos pero de igual Re los índices o coeficientes adimensionales, como el  $C_l$  o  $C_d$ , serán iguales en ambos casos y dependerán de dicho número.

Si consideramos los efectos locales de las fuerzas viscosas sobre el cuerpo inmerso en el fluido, se observa que inmediatamente en la pared del cuerpo, el flujo se frena debido a las fuerzas de roce creando la denominada capa límite o también capa de rozamiento, esta capase encuentra en la zona donde las fuerzas viscosas son considerables, esto es donde la velocidad real del fluido resulta menor a la velocidad que tendría el mismo en ausencia de estas fuerzas, marcando como límite práctico el punto donde la velocidad real alcanza el 99% de la velocidad ideal.

En el caso de que el cuerpo sea una placa plana el espesor de la capa de rozamiento aumenta a lo largo de la misma, de adelante hacia atrás. Esto significa que entre más gruesa la capa límite se frenaran más líneas de corriente ubicadas a una mayor distancia perpendicular a la placa. La materia rezagada en la capa límite no siempre queda pegada como una tenue lamina a la pared del obstáculo en toda su longitud, puede ocurrir que corriente abajo la capa límite se espese

considerablemente y surja una corriente de retroceso. De ese modo la materia es sacada a la corriente exterior, y por lo tanto, separada del cuerpo. Cuando esto sucede se dice que la capa se encuentra desprendida, esto conlleva una activa formación de remolinos y gran pérdida de energía aguas abajo de la placa.

Para explicar el fenómeno de desprendimiento es mejor considerar como cambia la corriente libre alrededor de un cuerpo romo como por ejemplo el de un cilindro de revolución (Figura 1 [1]). Si primero analizamos la corriente libre, en el instante donde el efecto la capa limite sobre las líneas de corriente aún es muy tenue (el flujo no tiene rozamiento), desde el punto D al E la corriente se acelera lo que provoca una caída de presión en esa zona, desde E a F la presión aumenta. Para cada partícula de la corriente externa hay transformación de energía de presión a energía cinética en el camino de D a E, y esa energía cinética ganada vuelve a transformarse en energía de presión de E a F, donde la velocidad de la partícula en F será igual a la velocidad inicial en D. Luego de un tiempo, con la capa limite ya desarrollada, las partículas del fluido dentro de la capa se encuentran sometidas a la misma presión que sufre la corriente libre pero debido al rozamiento dentro de la capa limite las partículas más próximas a la pared pierden energía cinética (de D a E) lo cual les dificulta vencer el gradiente de presión que hay de E a F. Tales partículas no pueden penetrar la región de presión creciente, luego se detienen y son arrastradas hacia atrás por la distribución de las presiones en la corriente externa.[1]

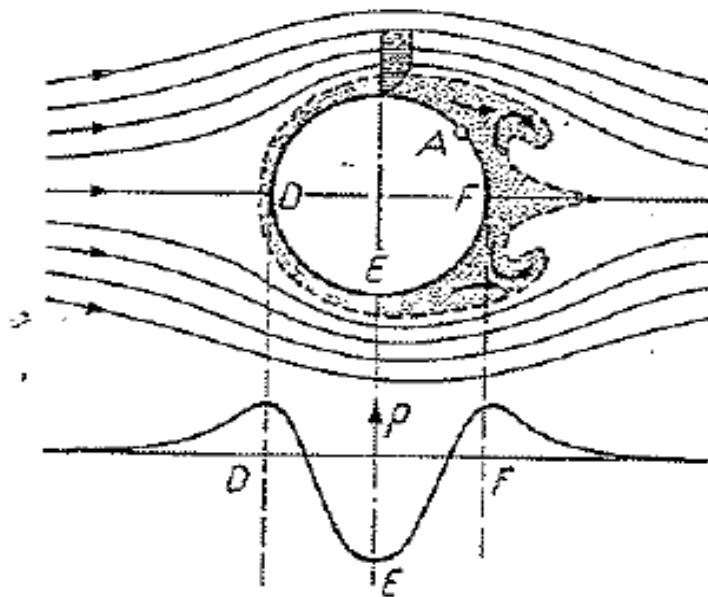


Figura 1: corriente libre alrededor de un cuerpo romo

Siempre hay riesgo de desprendimiento de la capa límite en los trayectos de presión creciente y más cuanto más rápido sea ese crecimiento, sobre todo en cuerpos de perfil posterior redondeado.

En la figura 2 [1] se ve como a consecuencia de la contracorriente cerca de la pared se produce un fuerte espesamiento de la capa límite, que lleva consigo un acarreo de materia desde dicha capa a la corriente externa.

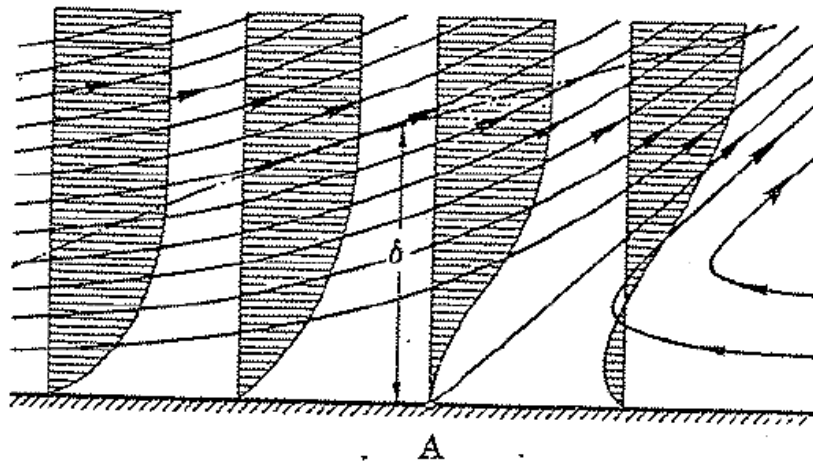


Figura 2: contracorrente cerca de la pared

El desprendimiento es con frecuencia bastante sensible a pequeños cambios de forma de obstáculos, sobre todo, cuando tales cambios influyen mucho en el campo de presión. En la camioneta de la figura 3[1] se puede ver como un frente anguloso desprende desde las esquinas anteriores, en comparación a un frente redondeado donde desprende desde las esquinas posteriores, y las consecuencias de estos desprendimientos en el coeficiente de resistencia.[1]

	<p>a) Frente anguloso</p>	<p>Desprendida</p>	$c_w = 0,76$
	<p>b) Frente redondeado</p>	<p>Adaptada</p>	$0,42$

- a) Frente anguloso, con corriente totalmente desprendida del cuerpo del coche y gran coeficiente de resistencia,  $c_w = 0,76$ .  
b) Frente redondeado, con corriente adaptada al coche y pequeño coeficiente de resistencia,  $c_w = 0,42$ .

Figura 3: frente anguloso vs frente redondeado

Existe un valor de  $Re$  para el cual la capa límite laminar pasa a una capa límite turbulenta donde aparecen, en las componentes de la velocidad, valores de fluctuación no despreciables. Esta fluctuación provoca un desorden en la corriente provocando movimientos transversos

irregulares, a tal estado de movimiento se le llama turbulento. Este número crítico de  $Re$  también dependerá en gran medida de la turbulencia misma de la corriente libre que incide sobre el objeto. La capa turbulenta posee más energía que la laminar y por ello acrecienta notablemente la resistencia de piel al paso del fluido. Esta fluctuación provoca una energización en la capa límite y como resultado se observa que el punto de desprendimiento se retrasa.

Para la capa límite de una placa plana se tiene en primer lugar una capa límite laminar en el borde anterior, y corriente adelante otra turbulenta, estando determinado el punto de transición por el mismo  $Re$  crítico. En general, en flujo turbulento, el espesor de la capa límite es mayor que en régimen laminar. Para una placa plana, en flujo longitudinal, el espesor de la capa aumenta corriente adelante. [1]

Dado a la gran pérdida de energía asociada a la separación de la capa límite, el control de la separación del fluido es de gran importancia para muchas tecnologías donde se aplica la mecánica de los fluidos. Controlar la separación de la capa límite resulta en un incremento en la performance del sistema con el consiguiente ahorro de energía y, en algunos casos, ahorro de peso y espacio. En el transporte civil los diseñadores de aviones se enfocan a soluciones de bajo costo, mientras que los aviones de combate buscan operar de manera eficiente a través de una amplia gama de condiciones. Estos tipos de compromisos llevan, en algunos casos, a la aeronave operar con el flujo desprendido o muy cercano al desprendimiento. [2]

Una solución práctica, para evitar tales desprendimientos de flujo, radica en el uso de dispositivos de control de flujo para proporcionar un incremento de la libertad en el proceso de diseño para lograr la mayor optimización. Un método convencional pasivo, de control de flujo, son los generadores de vórtices (VGs), estos dispositivos tienen una altura en el orden del espesor de la capa límite, y son utilizados para el control de separación del flujo generando el aumento del espesor de la capa límite mediante la transferencia de energía del exterior (flujo libre) hacia la zona de la capa límite.

Estos convencionales VGs son utilizados para retrasar la separación de la capa límite, para mejorar la sustentación de aviones, para reducir el drag en la parte posterior de fuselajes de aviones, y para evitar o retrasar la separación en difusores subsónicos. Los VGs de forma convencional tienen como inconveniente que generan un gran aumento de turbulencia en la estela que deja el avión, esto se ha logrado reducir utilizando VGs de forma no convencional que suelen tener una altura aproximada a la mitad del espesor de la capa límite. Para el control de la separación de la capa límite se ha descubierto que el espesor de un VG convencional de 0.625 de la capa límite tiene una performance muy similar a un VG con un espesor igual al de la capa límite. [2]

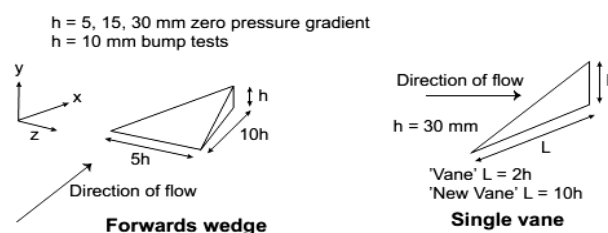


Figura 4: tipos de VGs



Los VGs no solo tienen aplicaciones aeronáuticas, también son muy utilizados en la industria automotriz, sobre todo en la F1.

Suelen instalarse en la parte alta de los pontones, partes bajas del coche que recibe el aire, alerón delantero, laterales del alerón trasero, y en la salida central de los difusores. Cada uno tendrá una finalidad distinta, por ejemplo los del alerón delantero pueden tener como finalidad reconducir el aire para que choque en la menor cantidad posible contra las ruedas delanteras. El de los pontones normalmente es reconducirlo hacia la parte trasera del coche.

En la figura 5 se observa el alerón delantero el cual crea un vórtice denominado Y250 (nombrado así por estar ubicado a 250mm del eje central del coche) encargado de direccionar el flujo a los difusores de manera que el vórtice quede bien definido disminuyendo la pérdida de energía a lo largo del trayecto, esto aumenta la eficiencia, además el vórtice toma flujo de aire del suelo lo que genera un efecto de ventosa al automóvil pegándolo a suelo.

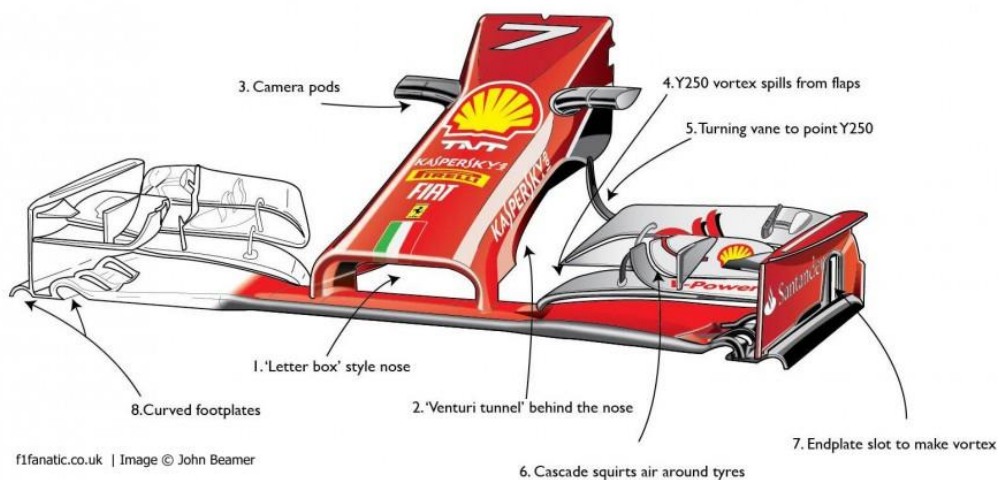


Figura 5: VGs encargados de crear Y250

Los vórtices se forman como consecuencia de la interacción de la superficie del VG con la corriente libre, como resultado, el aire a alta presión que pasa alrededor de la superficie del perfil aerodinámico, para la figura 6 el plano inferior, tiende a ser aspirado la región donde la presión es baja, para la figura 6 el plano superior. La velocidad a la que se produce este proceso provoca una rotación de la masa de aire que se extiende desde el borde de salida del perfil aerodinámico, formando un vórtice alargado.

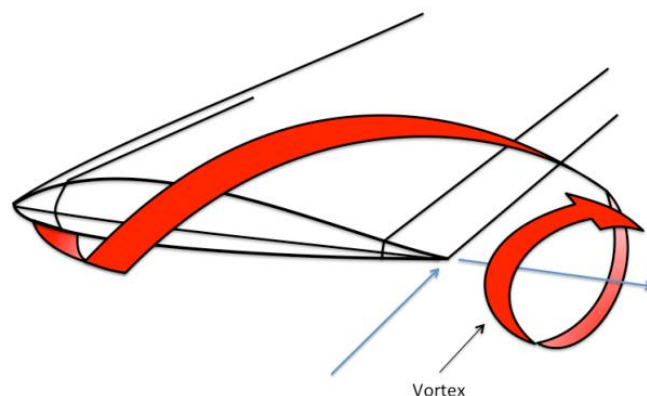


Figura 6: Generación de vórtice

La mayoría de las investigaciones se han enfocado en resultados experimentales de prueba y error y muy pocos estudios han hechos modelos teóricos dada la dificultad que involucra esto. [3]

La efectividad de los generadores de vórtices esta usualmente determinada por tres cosas:

1. Orientación
2. Espaciamiento entre ellos
3. Posición en términos de % de la cuerda del ala o superficie aerodinámica

Orientación:

Hay dos formas de orientar los VG una es de forma co-rotario donde todos tienen la misma orientación respecto al flujo incidente y los contra-rotatorios donde se colocan en direcciones opuestas. Cuando se colocan en la orientación contra-rotatoria, pierden efectividad en distancias muy largas ya que los vórtices tienden a restarse y desvanecerse dado que están girando en sentidos opuestos.[3]

Lo co-rotacionales son mejores en distancias largas y tardan más en desvanecerse.

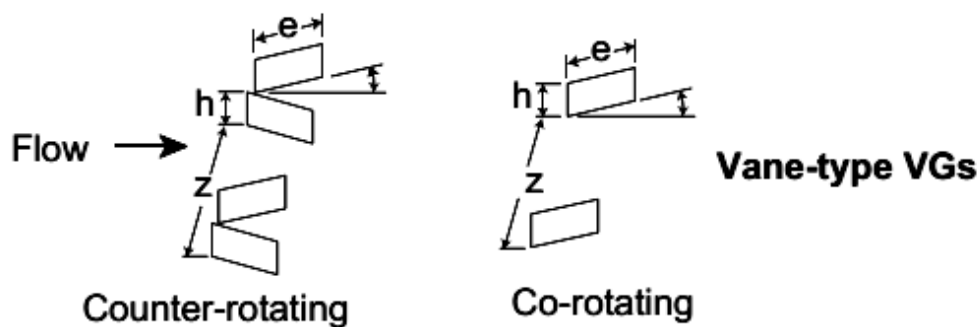


Figura 7: orientación de VG [3]

Posición:

Se colocan antes de la zona de transición (laminar/turbulento) y antes de que el flujo se desprenda. Si su ubicación es tal que sobre pasen la capa limite tenderán a crear vórtices más fuertes comparados a los vórtices que pueden generarse cuando están sumergidos en toda la capa limite. [3]

Espacimientto:

Un adecuado espaciamiento entre los generadores de vórtices garantizara una buena distribución de sus efectos a lo largo de toda la superficie aerodinámica. [3]

Por todo lo expuesto nos proponemos estudiar la estela de un generador de vórtices, como elemento pasivo de control de flujo, de manera tal de poder caracterizarlo. Esto es analizar las velocidades medias, velocidades instantáneas, escalas integrales temporales y espaciales, energía en juego, intensidades de turbulencia, entre otras variables. Pretendemos que estos resultados sirvan como herramienta de diseño y toma de decisiones desde el punto de vista aerodinámico en el diseño de componentes.

## Objetivo

---

El objetivo general del trabajo consistirá en caracterizar la estela generada por un VG (Generador de vórtices) inmerso en un flujo turbulento, instalado en una placa plana, sometiéndolo a distintos números de  $Re$  y a diferentes ángulos de ataque respecto a la corriente libre.

Como objetivo puntual se medirá la variación de velocidad en función del tiempo sobre la estela generada por el VG.

## Metodología

Para cumplir con los objetivos propuestos planteamos un estudio experimental el cual consistirá en someter al GV, para dos  $Re$  diferentes, a distintos ángulos de ataque respecto a la corriente libre. Con el fin de caracterizar la estela generada para cada configuración, y poder cuantificar la misma, se procede a la medición en 4 planos situados aguas abajo. Esta medición, obtenida mediante un anemómetro, nos brindará una señal que contendrá los valores instantáneos de la componente longitudinal y transversal de la velocidad.

En primera instancia se establece una corriente libre correspondiente a un  $Re$  generado por una velocidad de 6 m/s y luego se incrementará la velocidad a un  $Re$  correspondiente a 9 m/s. Estas serán las velocidades de la corriente libre que inciden sobre la placa plana en la cual se desarrolla la capa límite en el que se sumerge el VG.



Figura 8: vista lateral de placa plana

El VG se posiciona en 3 diferentes ángulos de ataque respecto a la corriente libre correspondiente a cada  $Re$ , siendo los ángulos  $0^\circ$ ,  $15^\circ$  y  $30^\circ$ .

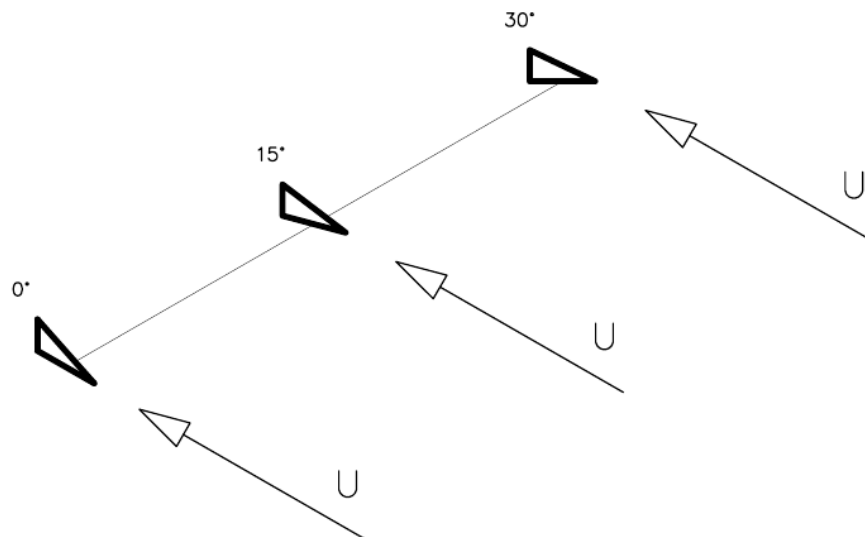


Figura 9: ángulos de ataque del VG

Para la medición del campo de velocidades detrás del VG se establecen 4 planos, en cada plano los puntos de medición conformarán una grilla los cuales aumentarán su espaciado a medida que nos situemos en un plano más alejado del VG. La configuración geométrica de los planos y las grillas se observan en las siguientes figuras:

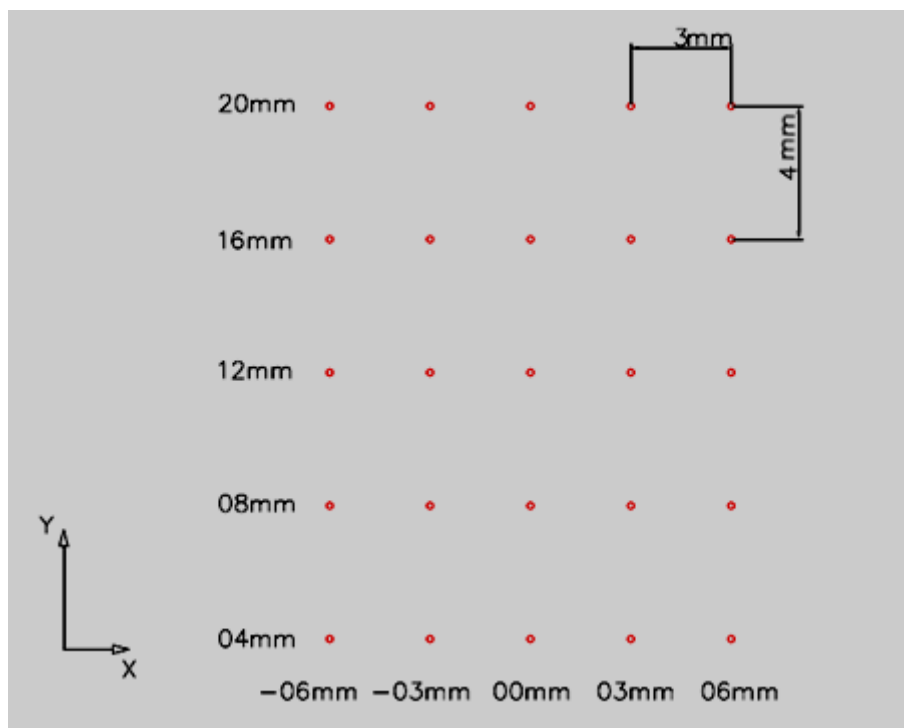


Figura 10: plano 1

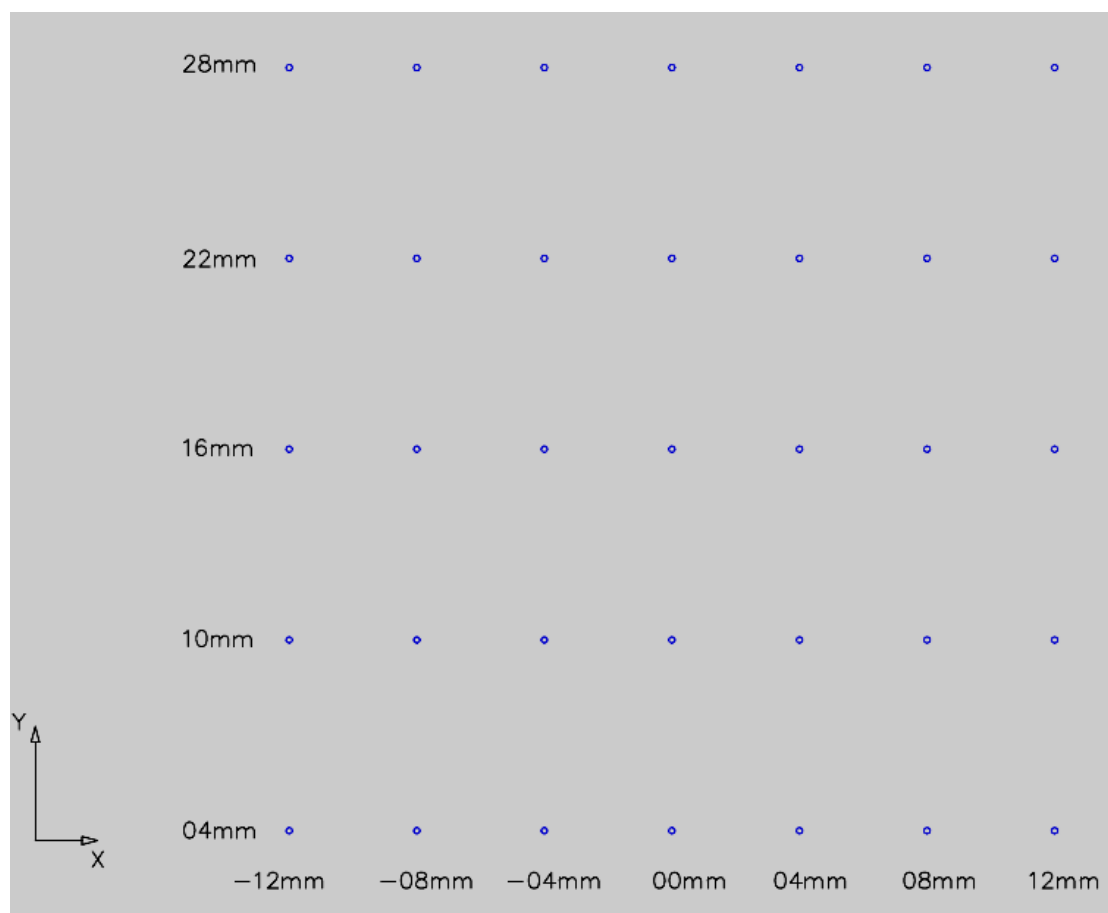


Figura 11: plano 2

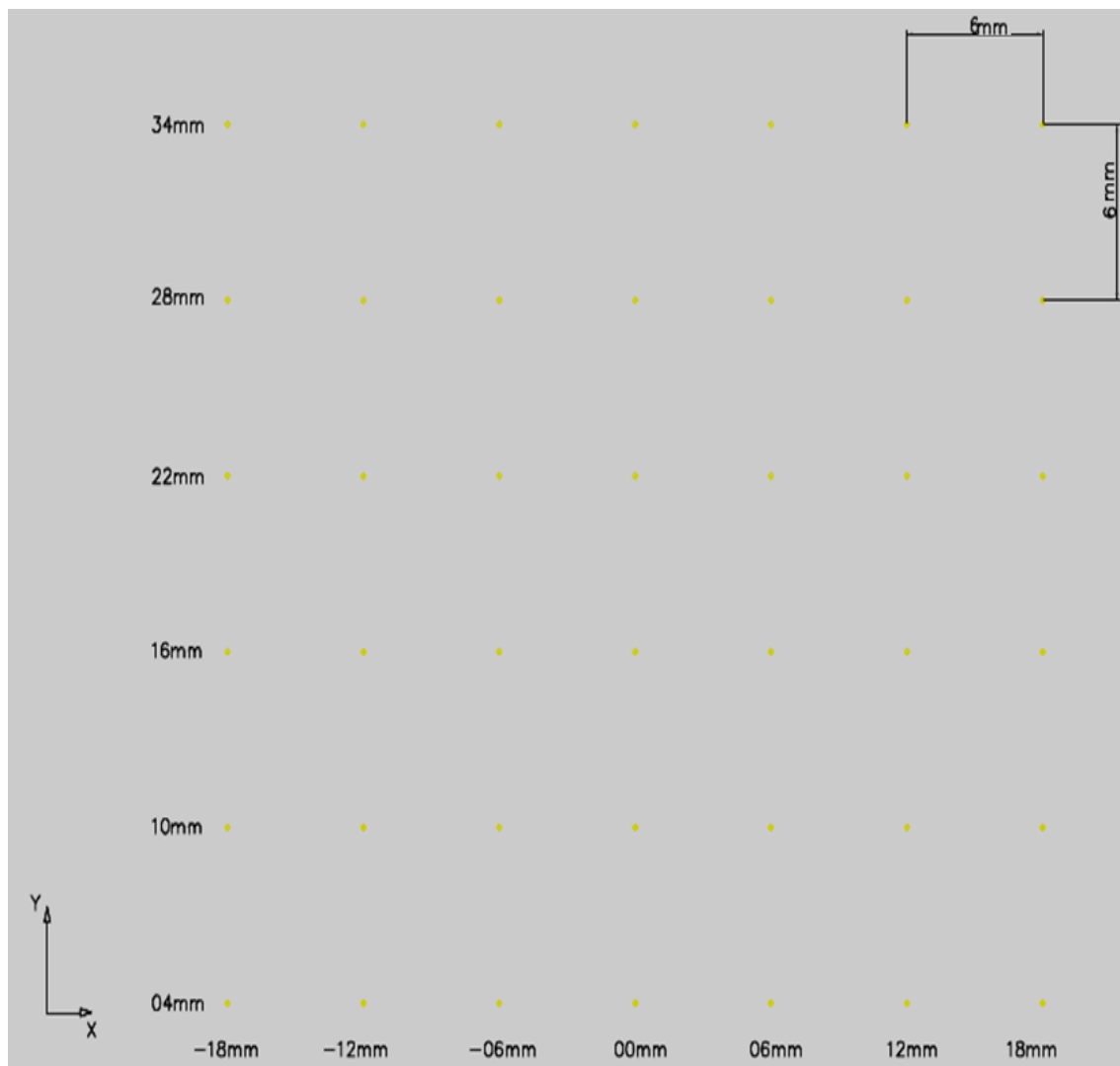


Figura 12: plano 3

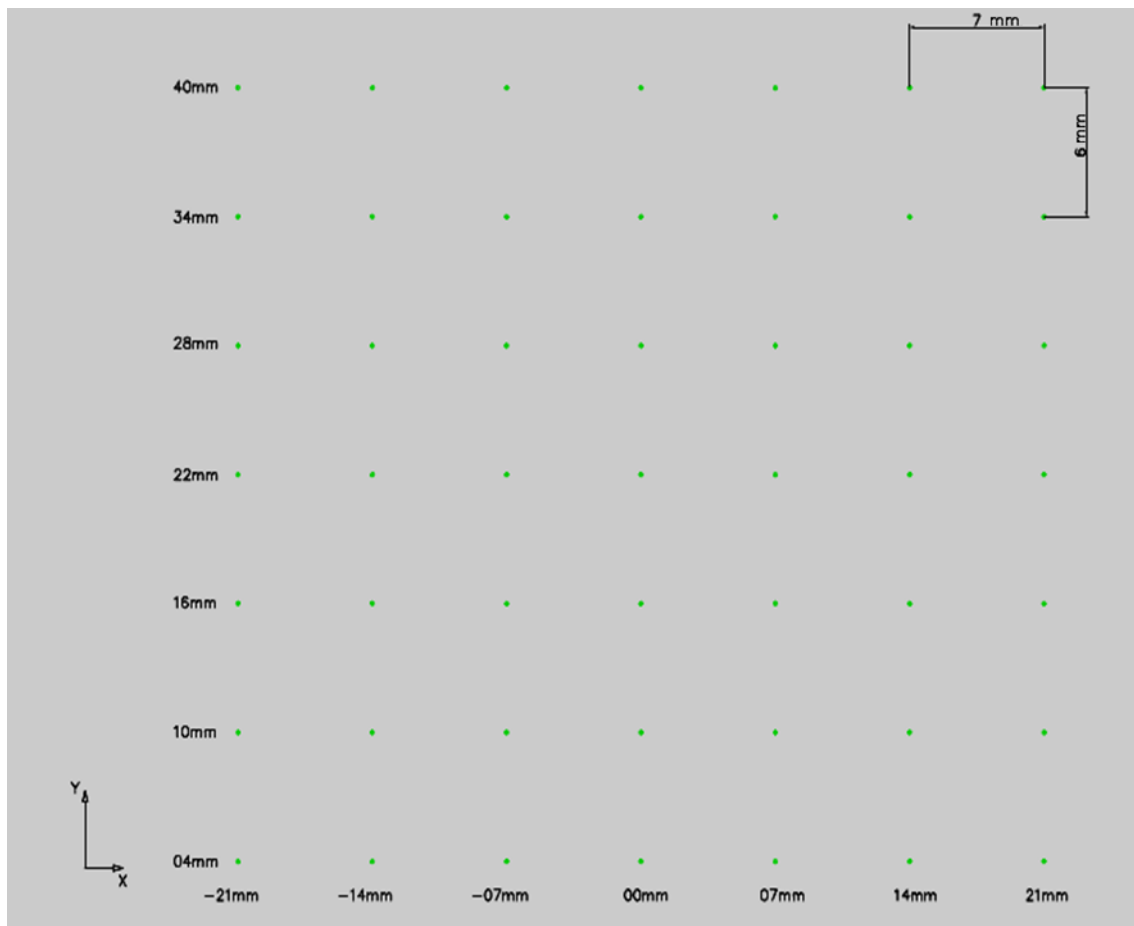


Figura 13: plano 4

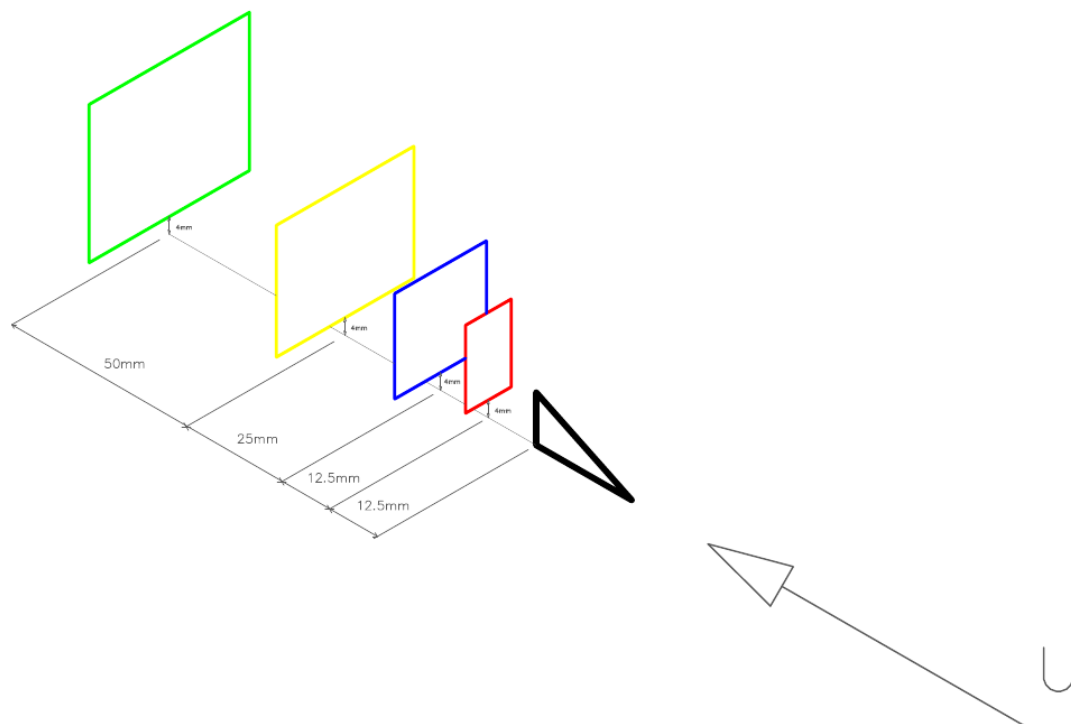


Figura 14: vista general de los planos

Con respecto a la medición de velocidades el anemómetro en cada punto de la grilla adquirirá en un tiempo de 8 segundos a una frecuencia de 2000Hz con un filtrado de la señal de 1000Hz, las mediciones se realizarán en dirección de la cuerda de la placa plana (en el sentido de la corriente libre) y en dirección de la envergadura de la placa plana.



# Diseño experimental

## Túnel de viento cerrado

Posee una sección de prueba rectangular de 1.4m x 1.0m y un largo de 7.5m, el rango de velocidades que maneja llega hasta 20 m/seg.

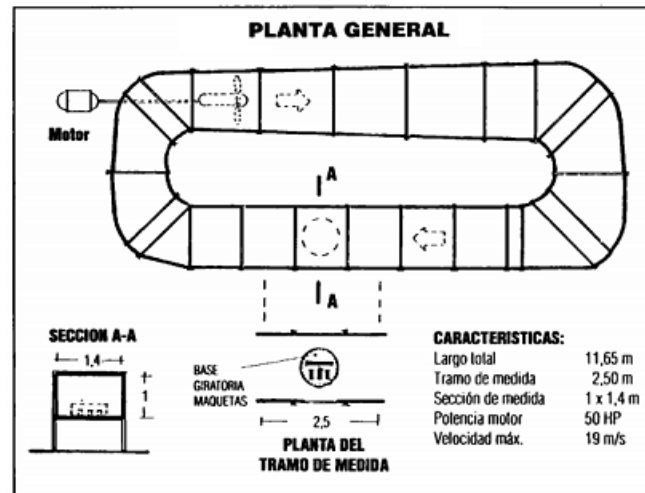


Figura 16: planta general túnel de viento



Figura 15: sección de prueba

## Placa plana

Para el experimento se fabricó una placa plana rectangular de 450mm x 450mm y un espesor de 10mm, el material utilizado fue MDF. En el borde de ataque de la placa se colocó la parte delantera de un perfil simétrico y en el borde de fuga de la placa la parte trasera del perfil, con esto disminuye la formación de turbulencias al incidir y salir de la placa la corriente libre.

En el medio de la placa se halla un agujero de 25mm de diámetro en el cual se ubicara el VG con la posibilidad de girar 360°.

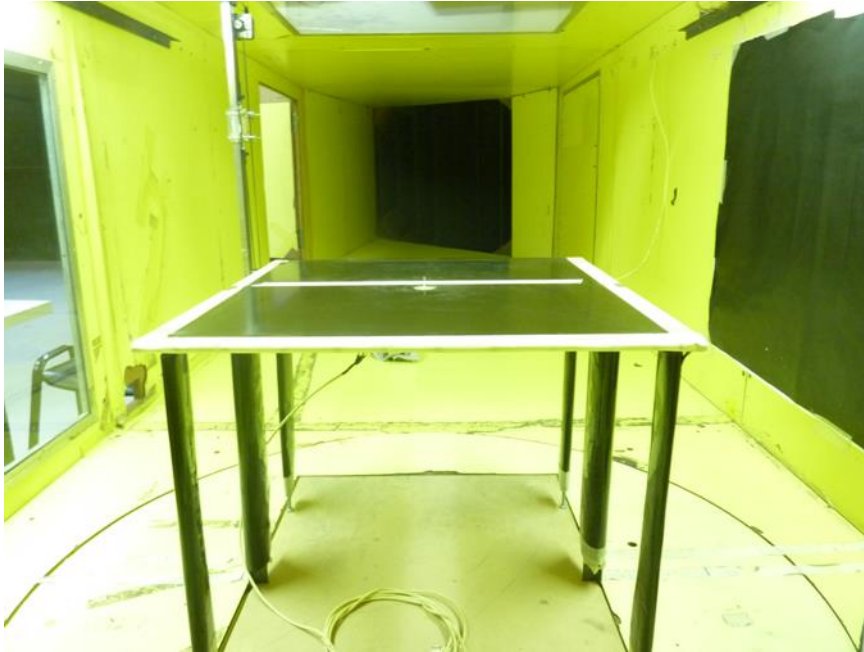


Figura 17: vista frontal

Para posicionar la placa en el medio de la sección de prueba se le colocaron en las extremidades varillas roscadas para que actúen como columnas de apoyo, estas fueron carenadas con perfiles simétricos de forma que la turbulencia que pueden llegar a crear sea minimizada. Al ser varillas roscadas se puede regular la altura de la placa por medio de tuercas.

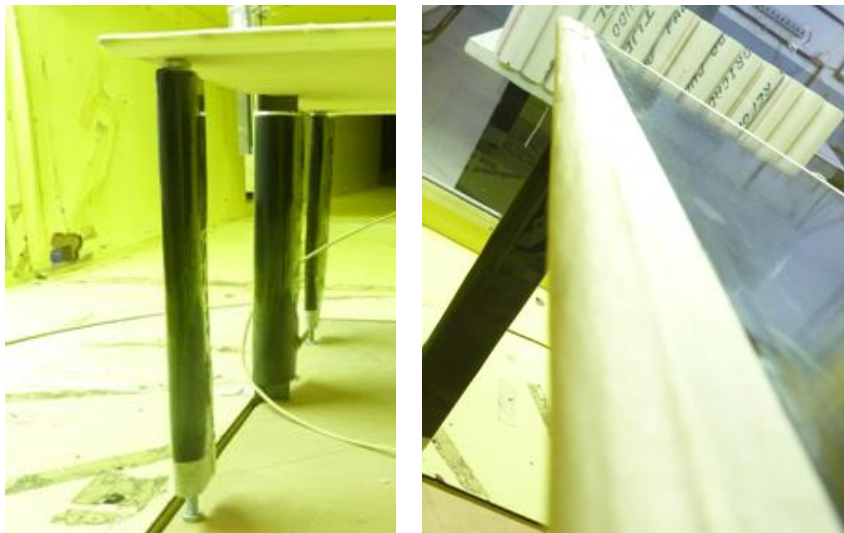


Figura 18: Carenado de columnas y borde de ataque

## Geometría VG

El VG es del tipo convencional con una altura de 12mm y una cuerda de 24mm, tiene 1mm de espesor y se fabricó a partir de una lámina de alto impacto color transparente. El VG se encuentra montado sobre un disco de MDF de 25mm de diámetro, el cual se posiciona en el medio de la placa plana con la posibilidad de girar libremente.

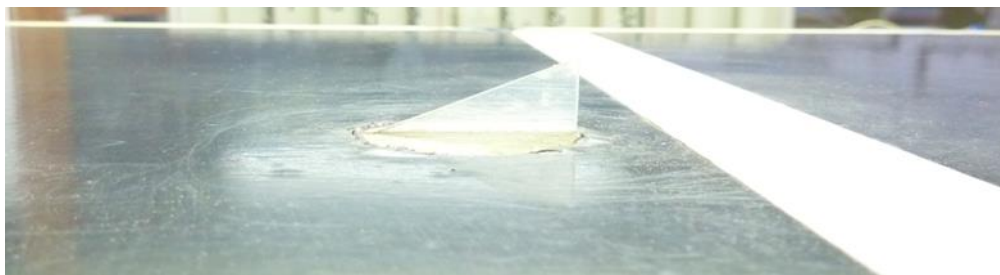


Figura 19: vista lateral del VG

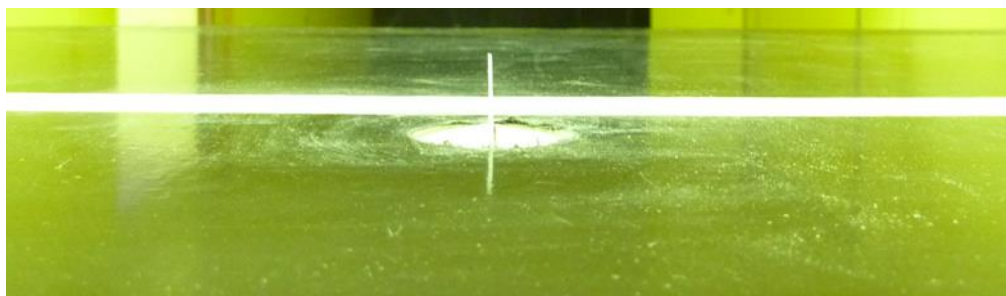


Figura 20: vista frontal del VG

Para posicionar el VG en diferentes ángulos de incidencia respecto a la corrientelibre se utilizará un motor paso a paso, con el cual, a través de una reducción con engranajes se llega a obtener una resolución de  $1^\circ$ .

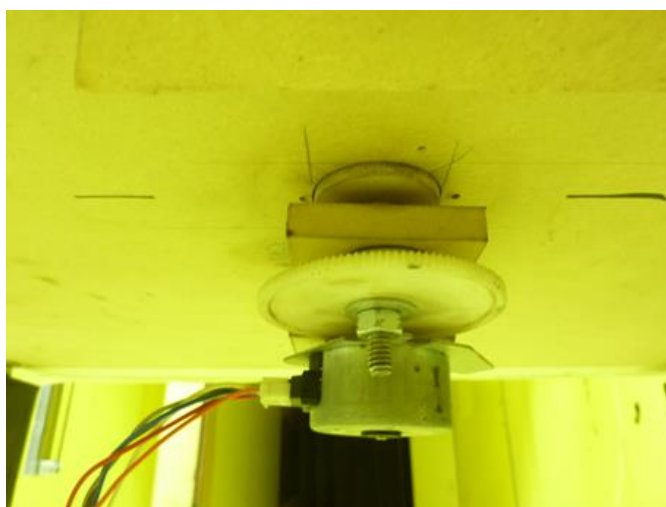


Figura 21: mecanismo de posición del VG

### **Equipo de anemometría de hilo caliente de 6 canales DANTEC:**

Para censar la señal de velocidad se utiliza un equipo de anemometría de hilo caliente de seis canales DANTEC modelo Streamline 90C10, el mismo posee una frecuencia de adquisición máxima de 200 KHz, es operable en un rango de temperaturas de 0 a 150 °C. Se utilizan para operar este equipo puntas 55R51 Fiber Film, se muestra una de las puntas en la figura 23, las puntas utilizadas poseen capacidad de censado en 2 direcciones.



Figura 22: anemometro siempre en borde de fuga del VG

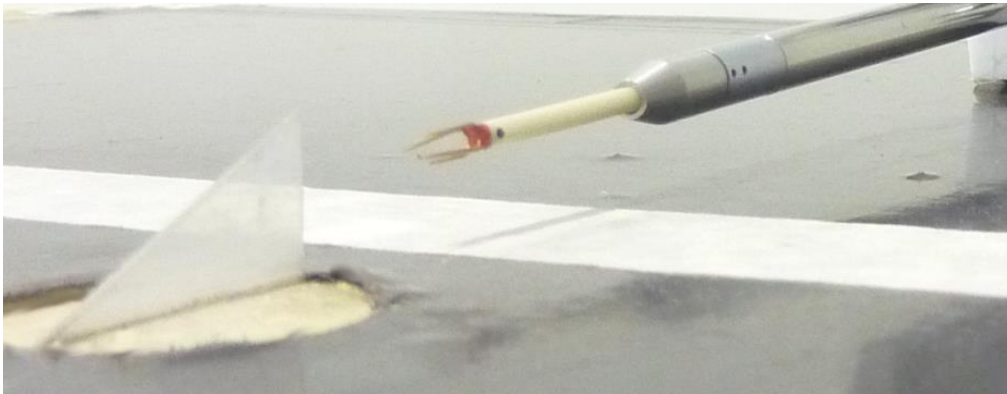


Figura 23: punta de anemómetro

### Micro manómetro diferencial testo 512:

Fue utilizado para medir la velocidad de referencia del túnel de viento (corriente libre) utilizando un tubo Pitot-Prandtl.

Tipo Sensor de presión diferencial	
Rango	0 ... +2 hPa +2 ... +17.5 m/s 395 ... 3445 fpm
Exactitud $\pm 1$ dígito	0.5% del f.e.
Resolución	0.001 hPa 0.1 m/s 0.1 fpm
Sobrepresión	$\pm 10$ hPa
Datos técnicos comunes	
Temp. Almac.	-10 ... +70 °C
Temp. Func.	0 ... +60 °C
Peso	300 g
Medidas	202 x 57 x 42 mm



Figura 24: micro manómetro diferencial testo 512

### Posicionado del anemómetro:

Se fabricó un sistema para poder desplazar la punta del anemómetro en sentido horizontal y vertical de manera de posicionarlo en cualquier punto de un plano. El movimiento se realiza por medio de motores paso a paso obteniendo una resolución de desplazamiento de 1mm.



Figura 25: posicionado del anemómetro

Para el movimiento horizontal se utilizó un caño de acero inoxidable de sección rectangular de 20mm x 60mm, por el cual se desplaza un carro de acrílico conectado al motor paso a paso a través de una correa. Sobre este carro se fijara un caño que otorgara el movimiento vertical.



Figura 26: carro para el movimiento horizontal

Para el movimiento vertical se utilizó un caño de aluminio de sección rectangular de 10mm x 30mm, por el cual se desplaza un carro de acrílico conectado al motor paso a paso a través de una correa, el carro de acrílico se ajustara al caño de aluminio por lo que su tamaño será mucho menor al carro utilizado en el movimiento horizontal.





Figura 27: movimiento vertical

Para el movimiento horizontal el motor utilizado fue un NEMA 23 que brinda un torque de hasta 12 kg-cm, para el movimiento vertical el motor fue un NEMA 17 que da un torque de hasta 4 kg-cm.



Figura 28: NEMA 17

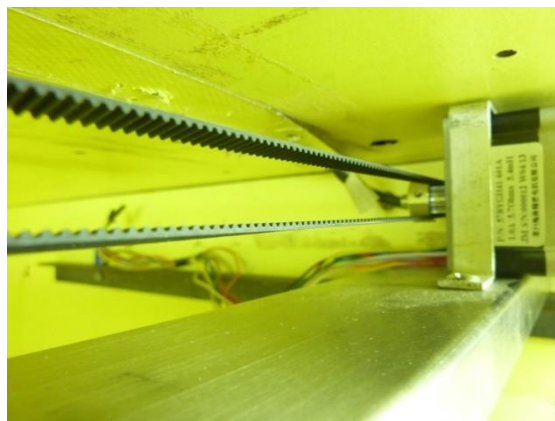


Figura 29: NEMA 23

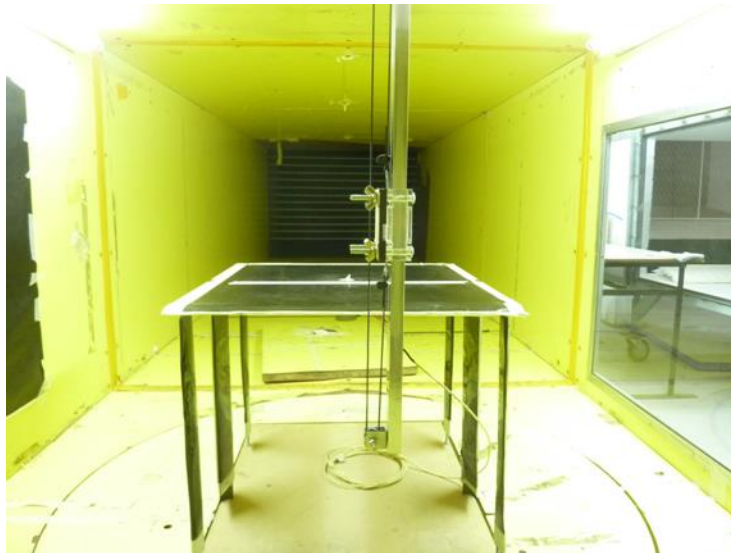


Figura 30: Vista trasera del posicionado

Para el control de los motores se utilizó el driver Pololu A4988, que posee limitación de corriente ajustable, protección contra sobre corriente y cinco resoluciones diferentes de microstepping.

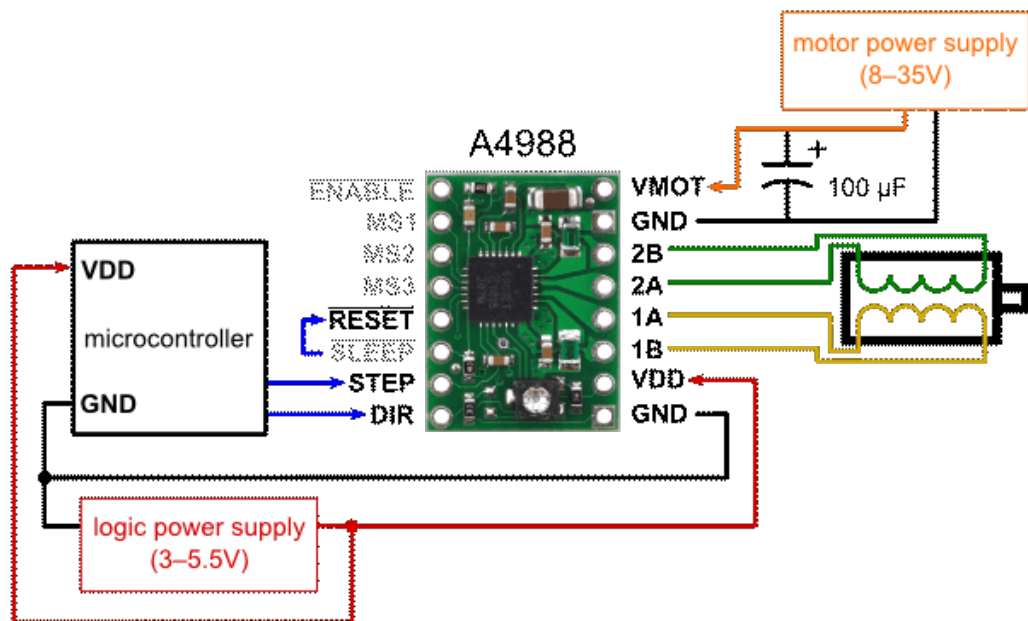


Figura 31: Driver para motores paso a paso

### Fuente de potencia:

Se encarga del suministro de energía para los 3 motores que se utilizaran en el experimento, posee dos canales independientes que pueden otorgar hasta 30v cada uno y un máximo de 5A. Un canal se setea a 5v y 0.5A el cual alimentara a dos motores, el encargado de posicionar el VG y al encargado del movimiento vertical del anemómetro. El otro canal se setea a 24v y 1ª para alimentar el movimiento horizontal del anemómetro.



Figura 32: Fuente de potencia



# Procesamiento de datos

A continuación se mencionan aquellas variables y funciones consideradas para la caracterización del flujo turbulento con el fin de poder analizar y lograr cuantificar el efecto producido por el GV en el flujo ubicado detrás del mismo.

## Escala de turbulencia

La función de autocorrelación, la cual es una herramienta matemática utilizada frecuentemente en el procesamiento de señales, resulta de gran utilidad para encontrar patrones repetitivos dentro de una señal, como por ejemplo, la periodicidad de una señal enmascarada bajo el ruido.

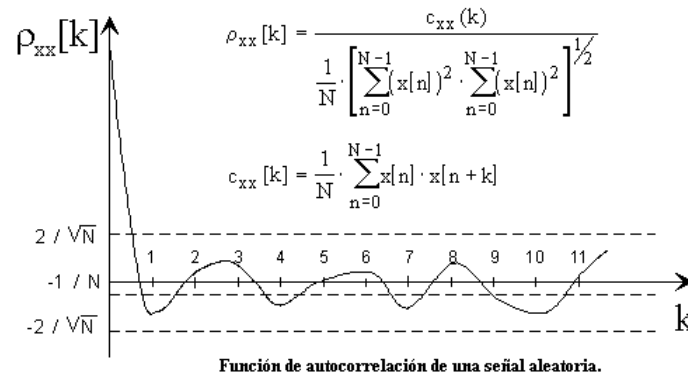


Figura 33: Función autocorrelación

Si la señal es totalmente aleatoria, por ejemplo ruido blanco, la autocorrelación tendrá su valor máximo para  $k = 0$  (retraso nulo) y un valor nulo para los demás valores de  $k$ . Para una función parcialmente aleatoria el valor máximo siempre se dará para  $k = 0$  pero fluctuará entorno a cero hasta llegar a ser nulo a medida que el retraso aumenta.

La escala turbulenta nos permite caracterizar de forma cuantitativa el movimiento del flujo turbulento brindando una medida de la región sobre la cual las velocidades están correlacionadas y una duración temporal sobre la cual las velocidades se mantienen correlacionadas. Estas medidas se denominan escala espacial y temporal respectivamente y para obtenerlas se analiza la función de autocorrelación.

Se utilizan distintos criterios para obtener las escalas predominantes en el patrón de flujo, en este caso se utilizó el criterio de corte  $1/e$ . Es decir se toma como escala predominante en el flujo el tiempo para el cual la función autocorrelación llega al valor de  $1/e$ .

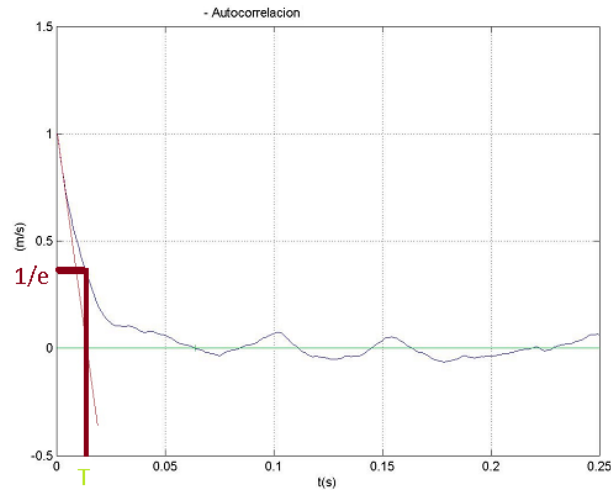


Figura 34: Criterio de escala predominante

Utilizando la hipótesis de flujo congelado se obtiene la escala espacial de turbulencia  $L = T \cdot |V|$

### Intensidad de la turbulencia.

Una variable importante para caracterizar la turbulencia es la intensidad de turbulencia  $I_T$  cuya magnitud relaciona la energía contenida en la fluctuación de la velocidad con la velocidad media.

$$I = \frac{\sqrt{u'^2}}{\bar{u}}$$

### Velocidad Media

Este resulta uno de los parámetros más característicos del flujo, y es el promedio de la señal.

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V(i)$$

### Densidad espectral PSD

La densidad espectral o PSD es una función matemática que informa como está distribuida la energía en las distintas frecuencias de funciones armónicas que la forman.

Al aplicar la PSD a cada punto de la grilla se espera obtener, para los puntos donde la intensidad de turbulencia aumenta, una ganancia y/o un rango de frecuencias mayor con respecto al obtenido cuando el VG se encuentra a  $0^\circ$ . Además se podrá observar si existe para la señal algún armónico dominante para una determinada frecuencia, valor que se podría tomar para caracterizar el vórtice en ese punto.

# Resultados

## Gráficos de velocidades medias a lo largo de la cuerda y envergadura de la placa plana

Los siguientes gráficos corresponden a la representación de la componente longitudinal y transversal de la velocidad media calculada para la señal medida en cada punto de las grillas situadas aguas abajo del GV. Solo para la componente longitudinal de la velocidad, con la intención de mejorar la visualización del perfil de velocidades, se le resta en cada punto el valor de la media espacial.

En el título de cada imagen se especifica la velocidad incidente y la posición en que se encuentra el generador de vórtice por medio de la denominación *Vel* y *G* respectivamente.

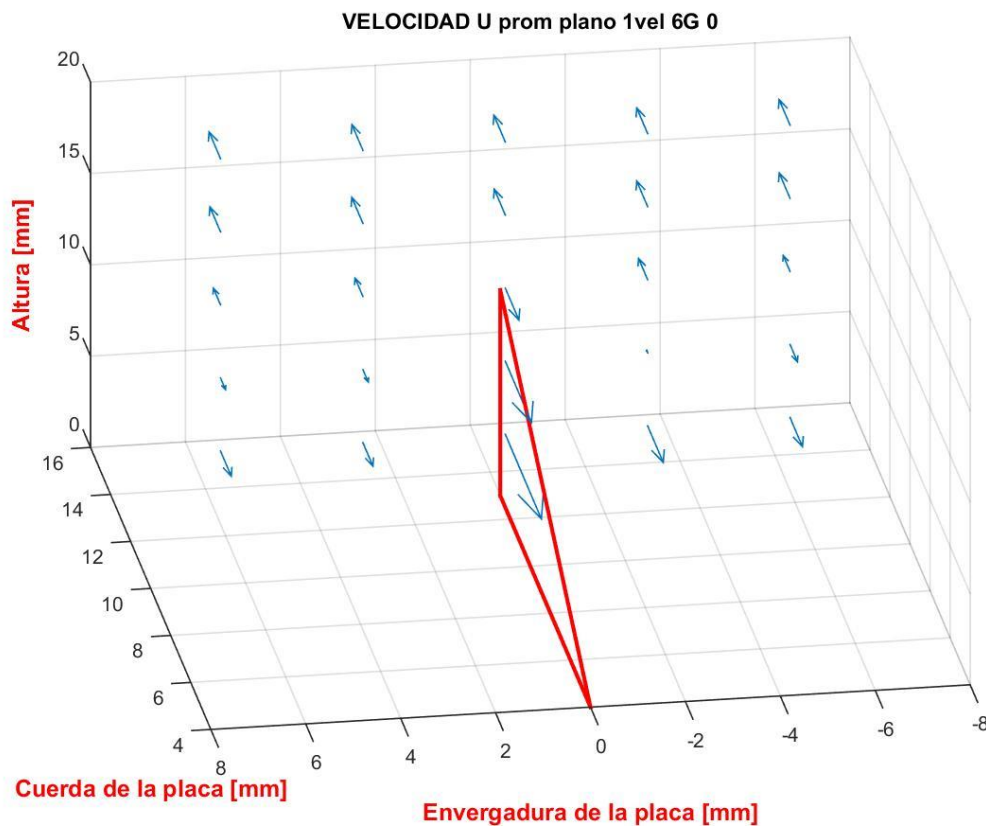


Figura 35: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G0°

↑ 6,597	↑ 6,5714	↑ 6,5931	↑ 6,5689	↑ 6,5702	20
↑ 6,5528	↑ 6,5781	↑ 6,5746	↑ 6,5686	↑ 6,565	16
↑ 6,3701	↑ 6,4104	↑ 5,2915	↑ 6,4738	↑ 6,3538	12
↑ 5,7421	↑ 5,722	↑ 4,6374	↑ 6,061296	↑ 5,615	8
↑ 5,4413	↑ 5,4802	↑ 4,1199	↑ 5,1884	↑ 5,3532	4
6	3	0	-3	-6	X / Z [mm]

Tabla 1: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G0°

En la figura anterior, en la cual se representa la componente longitudinal del campo de velocidades medias en el plano 1, los vectores que poseen una magnitud más cercana a cero representarían un valor muy próximo a la media espacial. Aquellos que tengan una magnitud mayor su valor respecto a la media será mayor y los que posean una magnitud menor a cero

su valor será más chico con respecto a la media espacial. En todos los casos la dirección real de los vectores será la misma y estará alineada a la cuerda de la placa plana.

Por lo expresado anteriormente diremos que las velocidades con sentido positivo tendrán un valor de velocidad más grande con respecto a las que poseen un sentido negativo, de esta forma tendremos un criterio para establecer en qué puntos de la grilla la velocidad media sufre un aumento o una disminución en lo referido a su magnitud.

A las figuras que representen el campo de velocidades, tanto para la componente longitudinal y transversal, se le anexara una tabla en la cual figurará la magnitud y dirección del vector velocidad media sin la resta de la media espacial, aquellas que tengan un color verde apuntaran en la dirección positiva y las de color rojo en dirección negativa.

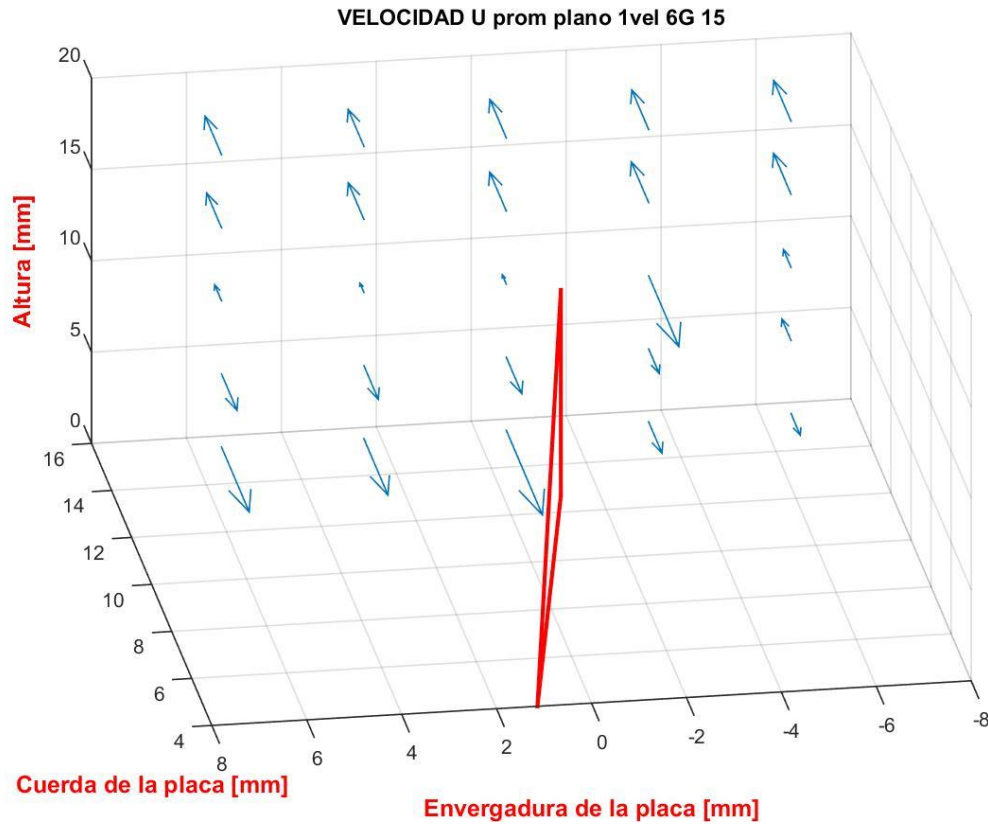


Figura 36: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G15°

↑ 6,56652	↑ 6,54362	↑ 6,56762	↑ 6,58282	↑ 6,59892	20
↑ 6,51172	↑ 6,53972	↑ 6,57262	↑ 6,59992	↑ 6,60342	16
↑ 6,23622	↑ 6,13832	↑ 6,13672	↑ 4,9579	↑ 6,26272	12
↑ 5,46642	↑ 5,50352	↑ 5,46292	↑ 5,63782	↑ 6,31592	8
↑ 5,04602	↑ 5,17142	↑ 4,7542	↑ 5,54162	↑ 5,68122	4
6	3	0	-3	-6	X / Z [mm]

Tabla 2: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G15°

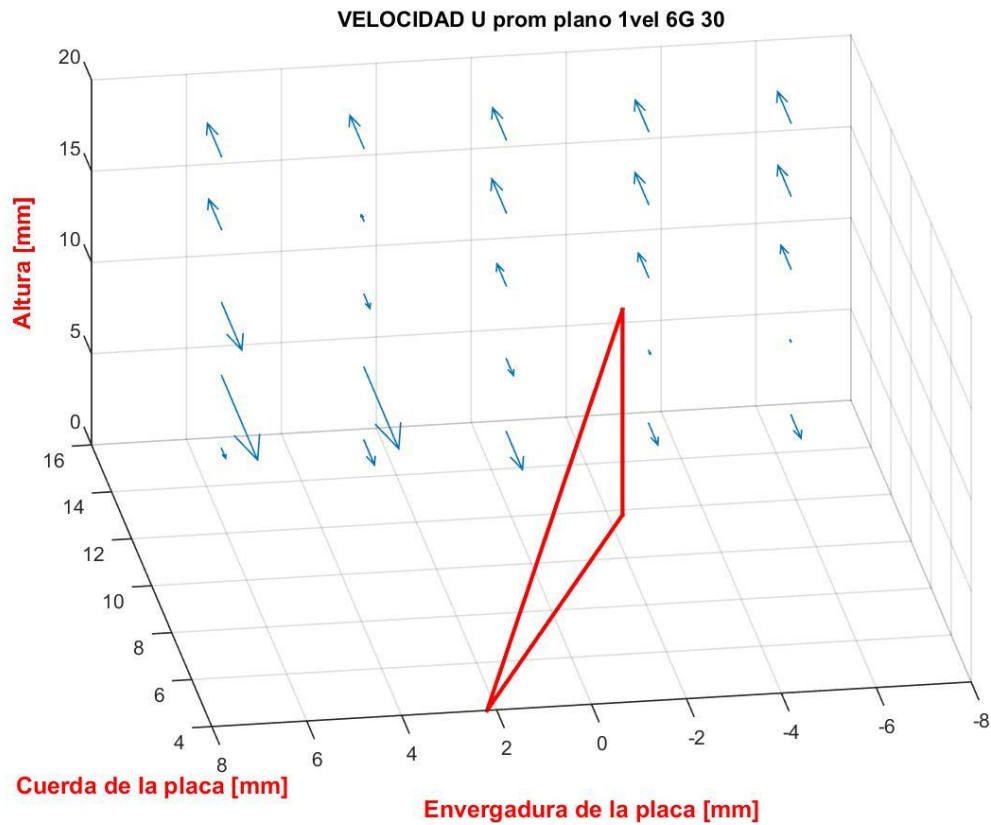


Figura 37: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G30°

↑ 7,0602	↑ 7,0496	↑ 7,0262	↑ 7,007	↑ 7,01	20
↑ 6,97172	↑ 6,20992	↑ 7,0836	↑ 7,0215	↑ 6,98162	16
↑ 4,4735	↑ 5,54432	↑ 6,70362	↑ 6,77772	↑ 6,75922	12
↑ 3,285	↑ 3,3797	↑ 5,46542	↑ 5,87112	↑ 6,074216	8
↑ 5,69042	↑ 5,20262	↑ 4,7858	↑ 5,31292	↑ 5,25292	4
6	3	0	-3	-6	X / Z [mm]

Tabla 3: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel6m/s G30°

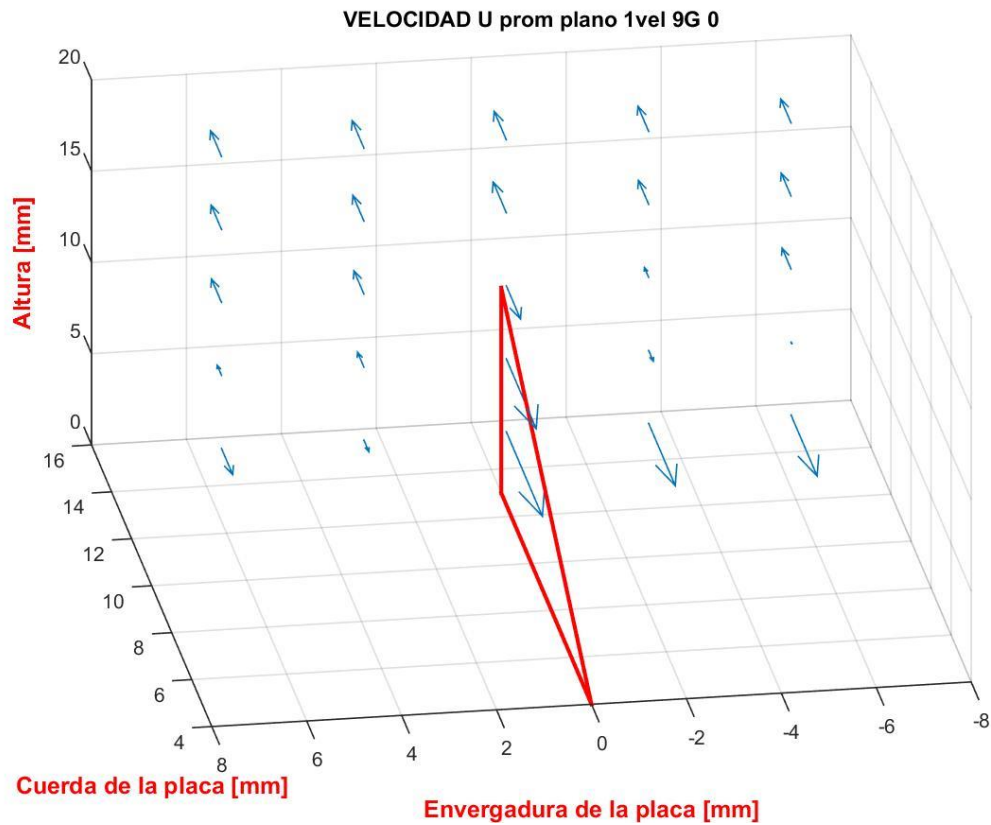


Figura 38: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G0°

↑ 9,65601	↑ 9,70291	↑ 9,72441	↑ 9,64211	↑ 9,61411	20
↑ 9,62171	↑ 9,66001	↑ 9,78791	↑ 9,61271	↑ 9,58611	16
↑ 9,60081	↑ 9,59591	↑ 8,15001	↑ 9,25041	↑ 9,53481	12
↑ 9,26131	↑ 9,38121	↑ 7,211	↑ 8,72381	↑ 8,956712	8
↑ 8,33181	↑ 8,70631	↑ 6,8396	↑ 7,4083	↑ 7,4399	4
6	3	0	-3	-6	X / Z [mm]

Tabla 4: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G0°

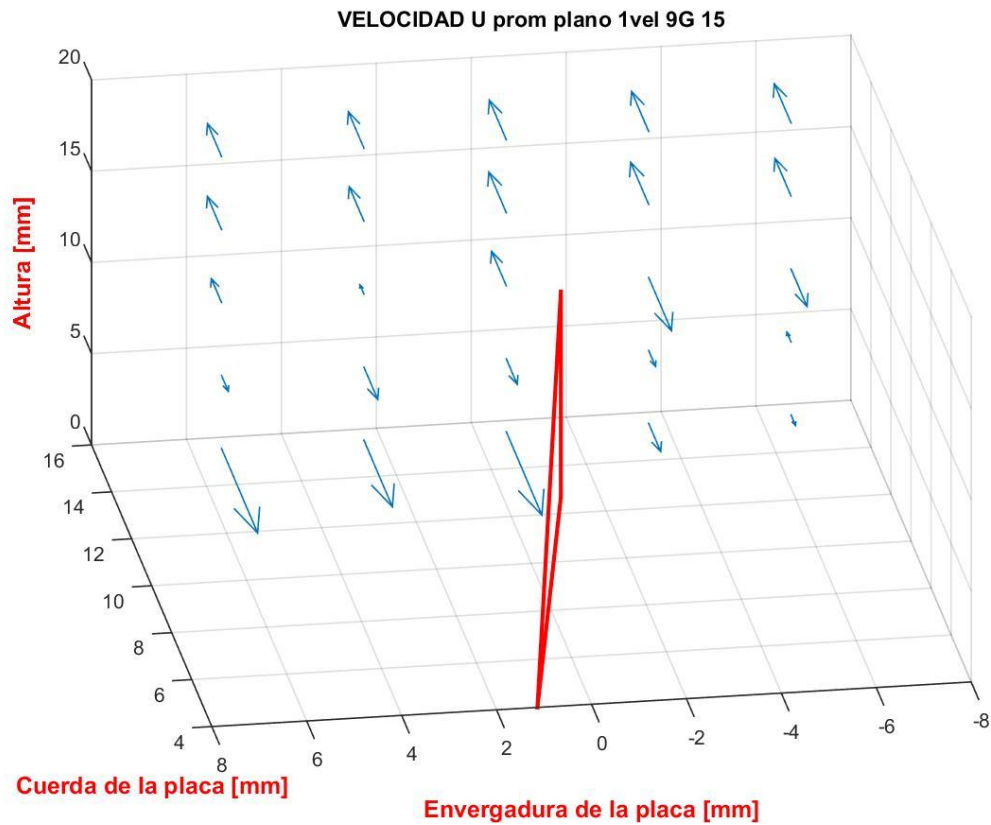


Figura 39: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G15°

↑ 9,72677	↑ 9,80267	↑ 9,87727	↑ 9,88147	↑ 9,86677	20
↑ 9,73127	↑ 9,75957	↑ 9,90157	↑ 9,93097	↑ 9,83177	16
↑ 9,52737	↑ 9,20517	↑ 9,76207	↑ 7,8224	↑ 8,17447	12
↑ 8,65087	↑ 8,28557	↑ 8,43527	↑ 8,64717	↑ 9,21777	8
↑ 7,1313	↑ 7,5252	↑ 7,1578	↑ 8,37837	↑ 8,76917	4
6	3	0	-3	-6	X / Z [mm]

Tabla 5: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G15°

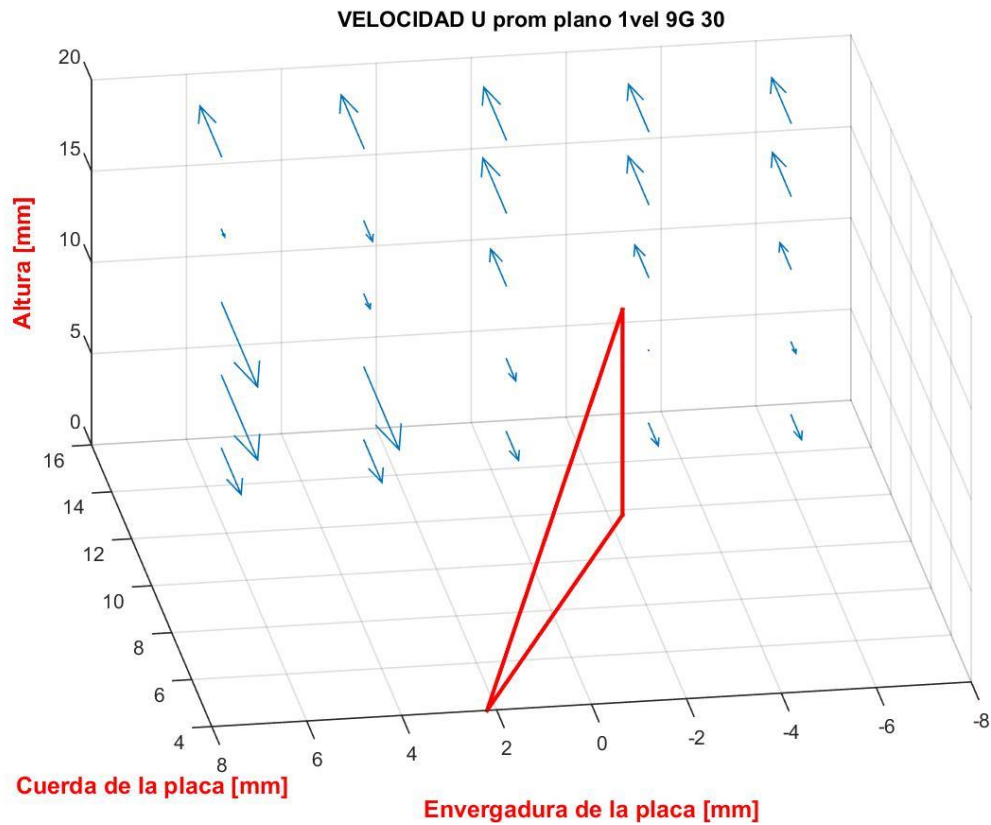
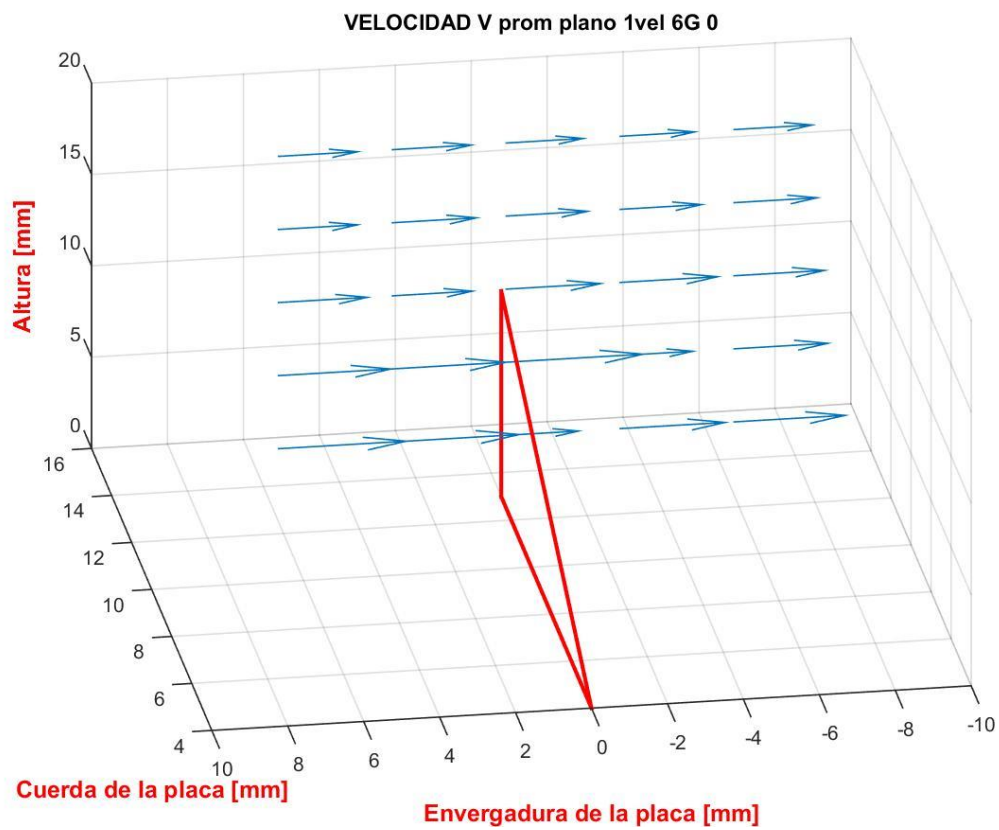


Figura 40: Componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G30°

↑ 10,7595	↑ 10,8552	↑ 10,8402	↑ 10,6448	↑ 10,5776	20
↑ 8,74753	↑ 8,29643	↑ 10,9136	↑ 10,6717	↑ 10,5213	16
↑ 6,0577	↑ 8,49163	↑ 10,2803	↑ 10,128	↑ 9,91373	12
↑ 6,0508	↑ 6,121	↑ 8,23193	↑ 9,007832	↑ 8,60703	8
↑ 7,3969	↑ 7,5222	↑ 8,00103	↑ 8,21723	↑ 8,14433	4
6	3	0	-3	-6	X / Z [mm]

Tabla 6: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P1 Vel9m/s G30°





**Figura 41: Componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G0°**

↓ -0,19642	↓ -0,19632	↓ -0,19099	↓ -0,18469	↓ -0,19395	20
↓ -0,19614	↓ -0,20933	↓ -0,20192	↓ -0,20233	↓ -0,20622	16
↓ -0,22081	↓ -0,19881	↓ -0,2345	↓ -0,24223	↓ -0,2246	12
↓ -0,27962	↓ -0,2827	↓ -0,34037	↓ -0,1801	↓ -0,23329	8
↓ -0,31794	↓ -0,31553	↓ -0,17959	↓ -0,26093	↓ -0,27581	4
6	3	0	-3	-6	X / Z [mm]

**Tabla 7: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G0°**

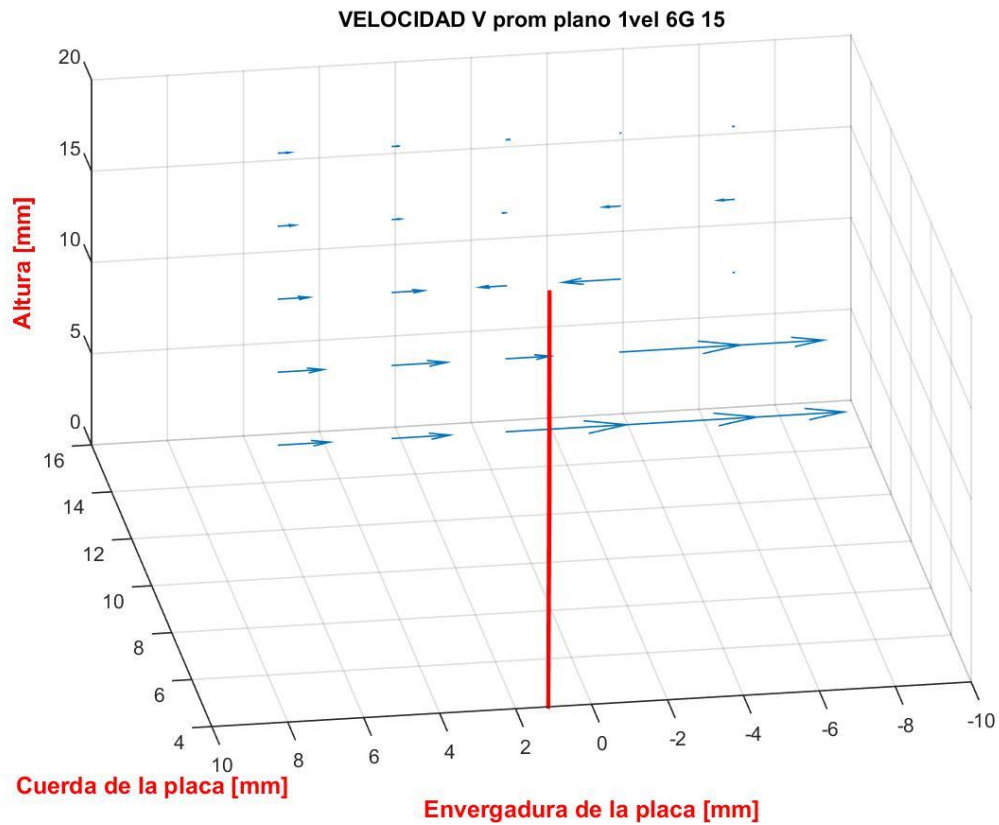


Figura 42: Componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G15°

↓ -0,11758	↓ -0,07035	↓ -0,03591	↓ -0,00622	↑ 0,013487	20
↓ -0,16765	↓ -0,08354	↑ 0,039909	↑ 0,1703	↑ 0,15932	16
↓ -0,31262	↓ -0,31824	↑ 0,26884	↑ 0,58306	↑ 0,00825	12
↓ -0,45826	↓ -0,55515	↓ -0,45111	↓ -1,2309	↓ -0,90913	8
↓ -0,52195	↓ -0,58589	↓ -1,2272	↓ -1,3936	↓ -1,1185	4
6	3	0	-3	-6	X / Z [mm]

Tabla 8: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G15°

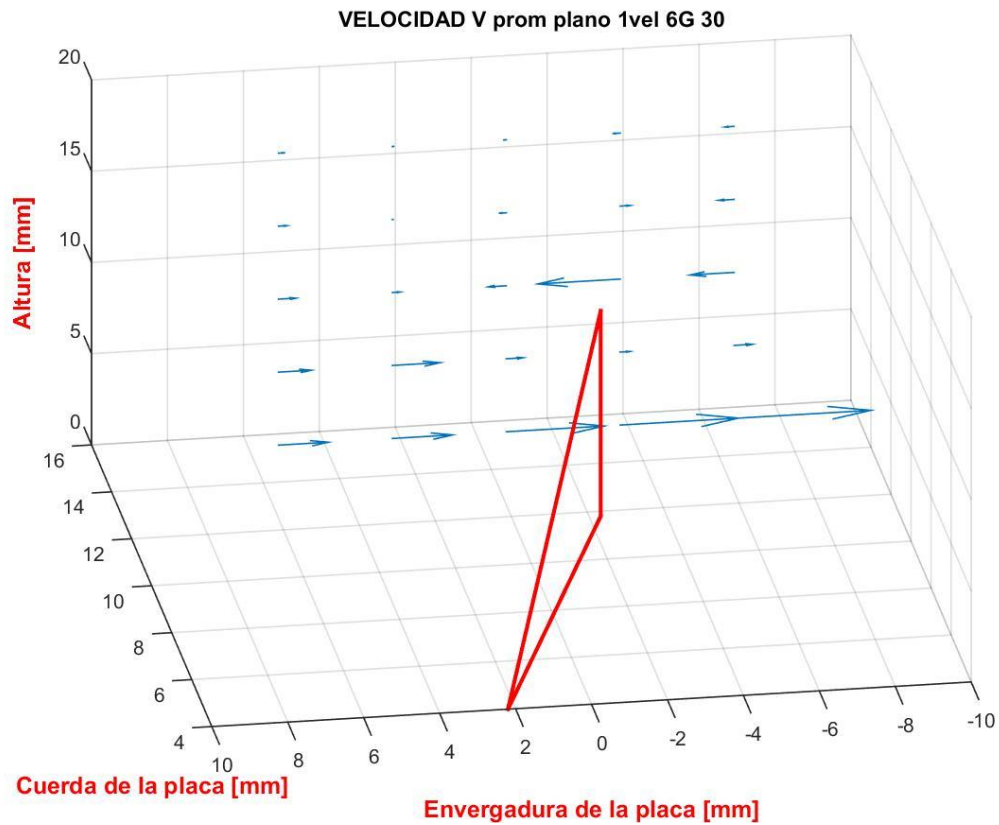


Figura 43: Componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G30°

↓ -0,08805	↓ -0,01925	↑ 0,03739	↑ 0,10327	↑ 0,13212	20
↓ -0,11893	↓ -0,01098	↑ 0,098963	↓ -0,14242	↑ 0,22496	16
↓ -0,25203	↓ -0,10974	↑ 0,25989	↑ 1,1951	↑ 0,63779	12
↓ -0,47763	↓ -0,69399	↓ -0,24147	↓ -0,13769	↓ -0,26536	8
↓ -0,72377	↓ -0,87707	↓ -1,4258	↓ -1,7243	↓ -1,9903	4
6	3	0	-3	-6	-9

Tabla 9: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel6m/s G30°

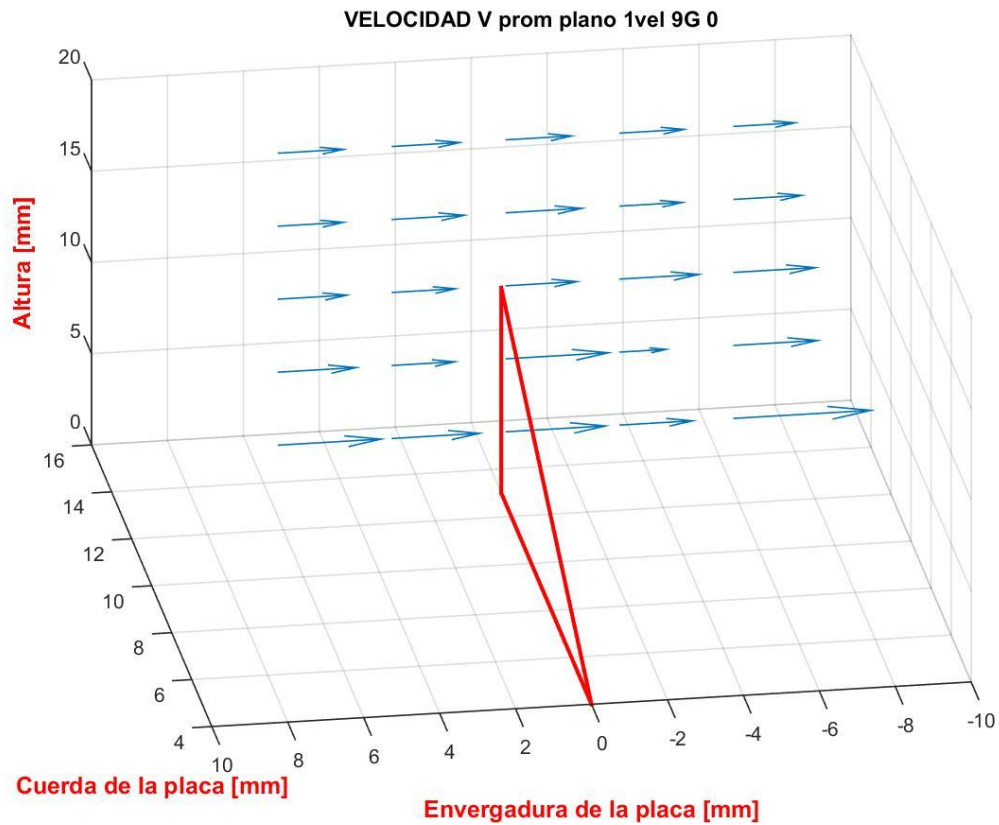


Figura 44: Componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G0°

↓ -0,25549	↓ -0,2653	↓ -0,2573	↓ -0,25074	↓ -0,23972	20
↓ -0,25593	↓ -0,28364	↓ -0,29803	↓ -0,24464	↓ -0,26675	16
↓ -0,26975	↓ -0,24883	↓ -0,27834	↓ -0,30966	↓ -0,3205	12
↓ -0,30573	↓ -0,24566	↓ -0,4024	↓ -0,18094	↓ -0,32851	8
↓ -0,40424	↓ -0,34331	↓ -0,39113	↓ -0,28524	↓ -0,53895	4
6	3	0	-3	-6	X / Z [mm]

Tabla 10: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G0°

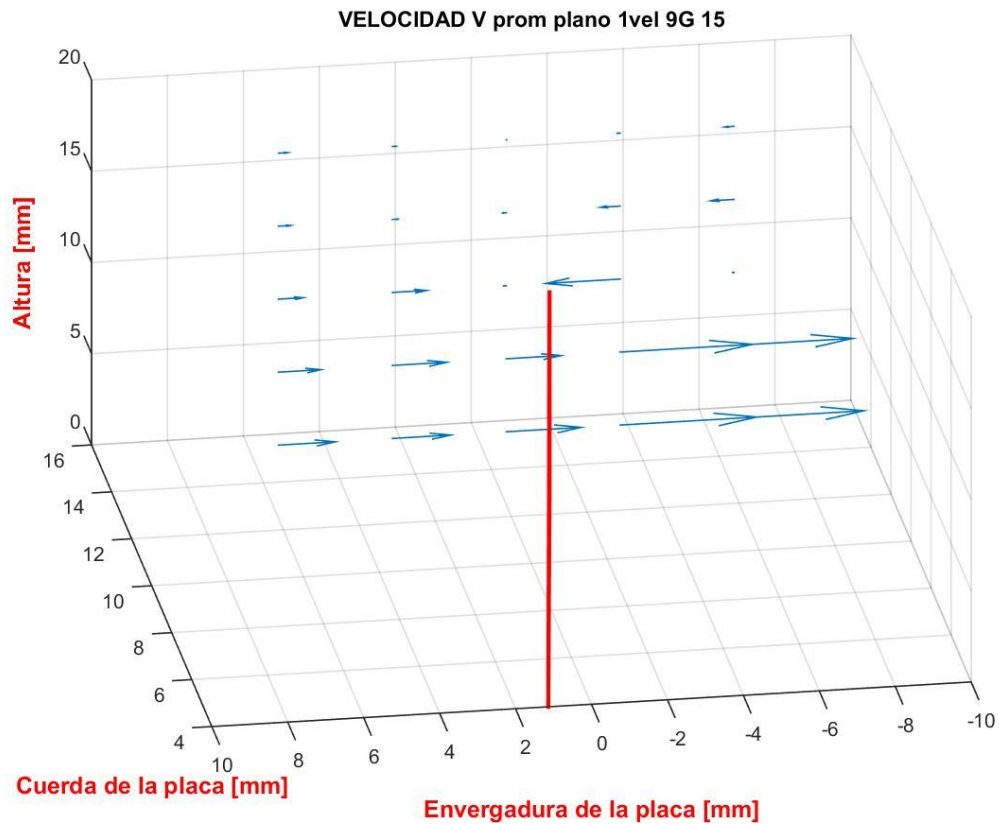


Figura 45: Componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G15°

↓ -0,14147	↓ -0,06722	↓ -0,00615	↑ 0,047526	↑ 0,14463	20
↓ -0,18856	↓ -0,09763	↑ 0,06526	↑ 0,31087	↑ 0,36763	16
↓ -0,39291	↓ -0,5408	↑ 0,041736	↑ 1,1801	↑ 0,02516	12
↓ -0,67607	↓ -0,86309	↓ -0,86885	↓ -2,1004	↓ -1,8807	8
↓ -0,9001	↓ -0,92372	↓ -1,1897	↓ -2,1687	↓ -2,0614	4
6	3	0	-3	-6	X / Z [mm]

Tabla 11: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G15°

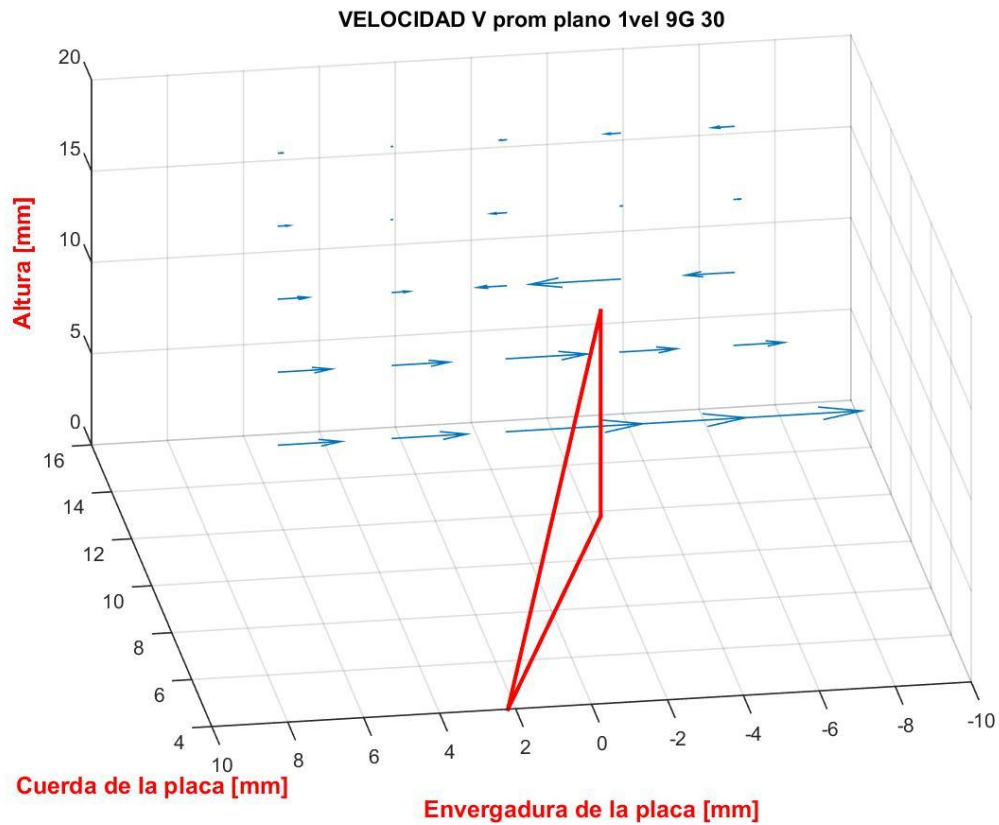


Figura 46: Componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G30°

↓ -0,08394	↑ 0,017551	↑ 0,12205	↑ 0,26014	↑ 0,38998	20
↓ -0,19413	↑ 0,018229	↑ 0,26816	↓ -0,04072	↓ -0,1203	16
↓ -0,53792	↓ -0,29967	↑ 0,5163	↑ 1,6208	↑ 0,87395	12
↓ -0,95217	↓ -1,0231	↓ -1,459	↓ -1,0161	↓ -0,89407	8
↓ -1,1308	↓ -1,3381	↓ -2,4592	↓ -2,2617	↓ -2,2931	4
6	3	0	-3	-6	X / Z [mm]

Tabla 12: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P1 Vel9m/s G30°

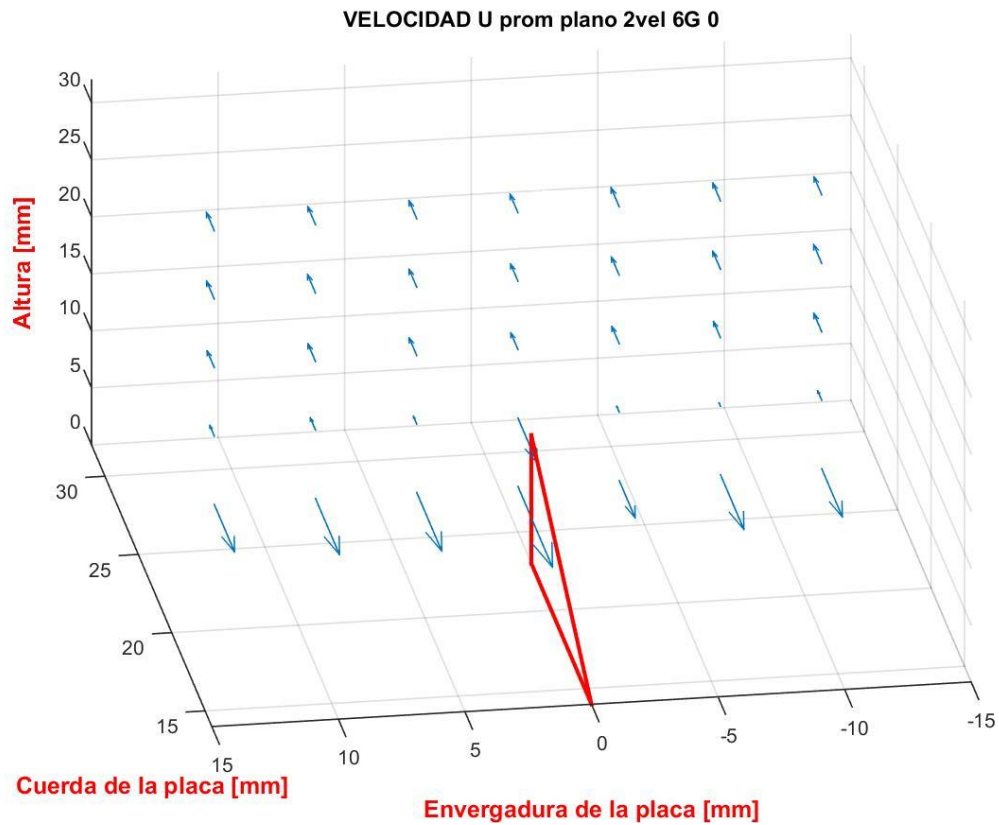


Figura 47: Componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G0°

↑ 6,30537	↑ 6,30197	↑ 6,30207	↑ 6,30997	↑ 6,32107	↑ 6,29977	↑ 6,30247	28
↑ 6,29867	↑ 6,31197	↑ 6,29907	↑ 6,28977	↑ 6,30547	↑ 6,30217	↑ 6,31527	22
↑ 6,27827	↑ 6,29747	↑ 6,29747	↑ 6,28187	↑ 6,29087	↑ 6,26947	↑ 6,30977	16
↑ 6,17577	↑ 6,20327	↑ 6,12767	↑ 5,25617	↑ 6,10017	↑ 6,057274	↑ 6,15857	10
↑ 5,21087	↑ 5,06577	↑ 5,02687	↑ 4,6591	↑ 5,37987	↑ 5,08947	↑ 5,19877	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

Tabla 13: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G0°

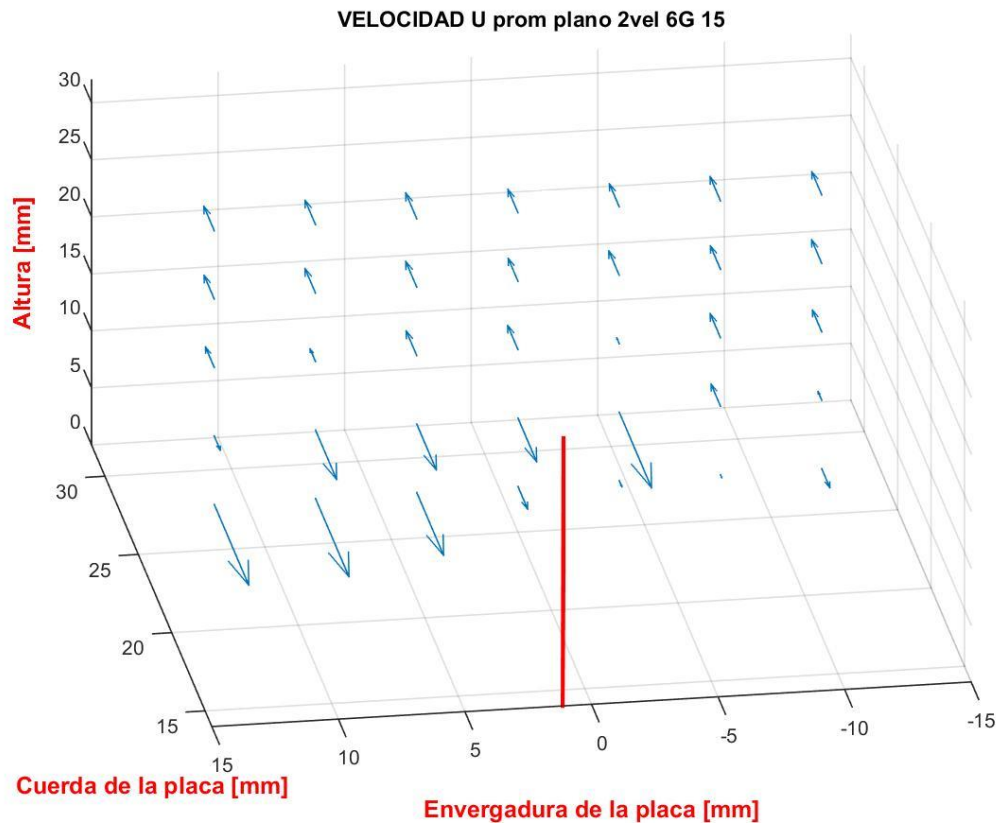


Figura 48: Componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G15°

↑ 6,36967	↑ 6,37117	↑ 6,39187	↑ 6,35567	↑ 6,34927	↑ 6,36827	↑ 6,35237	28
↑ 6,36167	↑ 6,37307	↑ 6,39147	↑ 6,34727	↑ 6,37237	↑ 6,35737	↑ 6,35947	22
↑ 6,31117	↑ 6,19187	↑ 6,37547	↑ 6,36827	↑ 6,087069	↑ 6,36577	↑ 6,33047	16
↑ 5,78327	↑ 5,25007	↑ 5,30347	↑ 5,33687	↑ 4,8529	↑ 6,33507	↑ 6,13277	10
↑ 4,7741	↑ 4,8103	↑ 5,04577	↑ 5,65637	↑ 5,904569	↑ 5,953669	↑ 5,70987	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

Tabla 14: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G15°



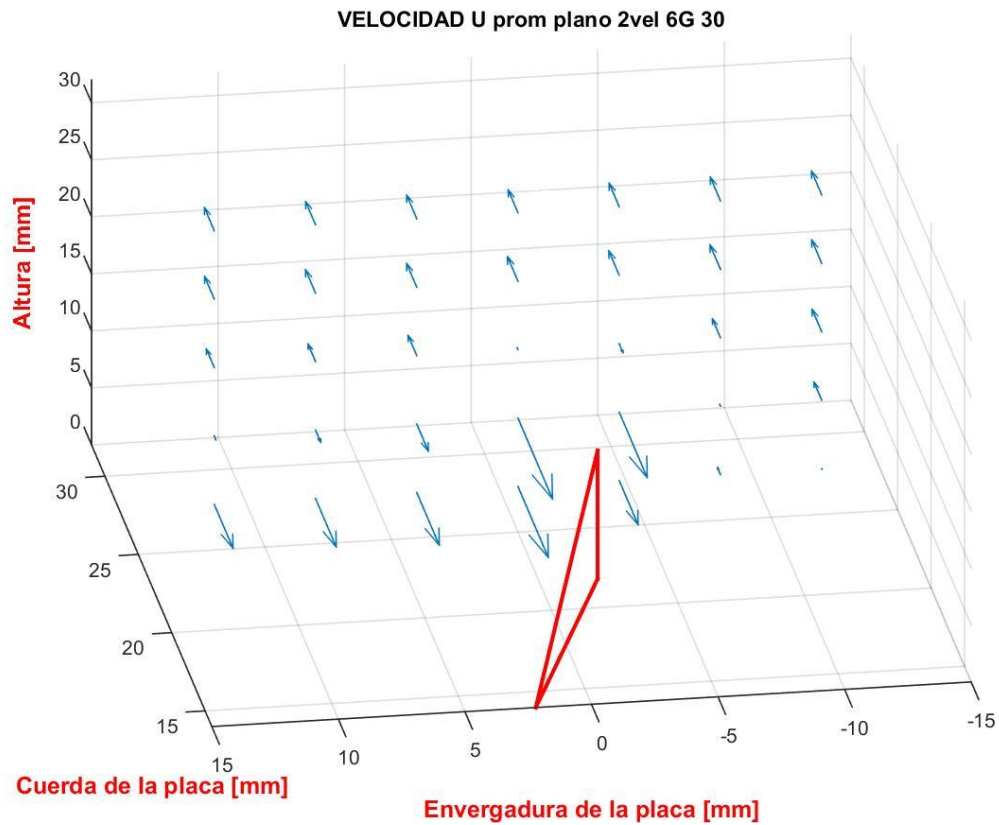


Figura 49: Componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G30°

↑ 6,67845	↑ 6,67215	↑ 6,67105	↑ 6,64715	↑ 6,67105	↑ 6,65365	↑ 6,65195	28
↑ 6,66235	↑ 6,69295	↑ 6,69375	↑ 6,69555	↑ 6,67105	↑ 6,66175	↑ 6,64175	22
↑ 6,63925	↑ 6,53705	↑ 5,74455	↑ 6,052646	↑ 6,57245	↑ 6,49895	↑ 6,52725	16
↑ 6,51475	↑ 6,055146	↑ 4,1528	↑ 3,7249	↑ 5,23195	↑ 5,64985	↑ 5,88565	10
↑ 5,984246	↑ 6,20425	↑ 4,7558	↑ 4,0005	↑ 4,5113	↑ 4,6312	↑ 4,7607	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

Tabla 15: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel6m/s G30°

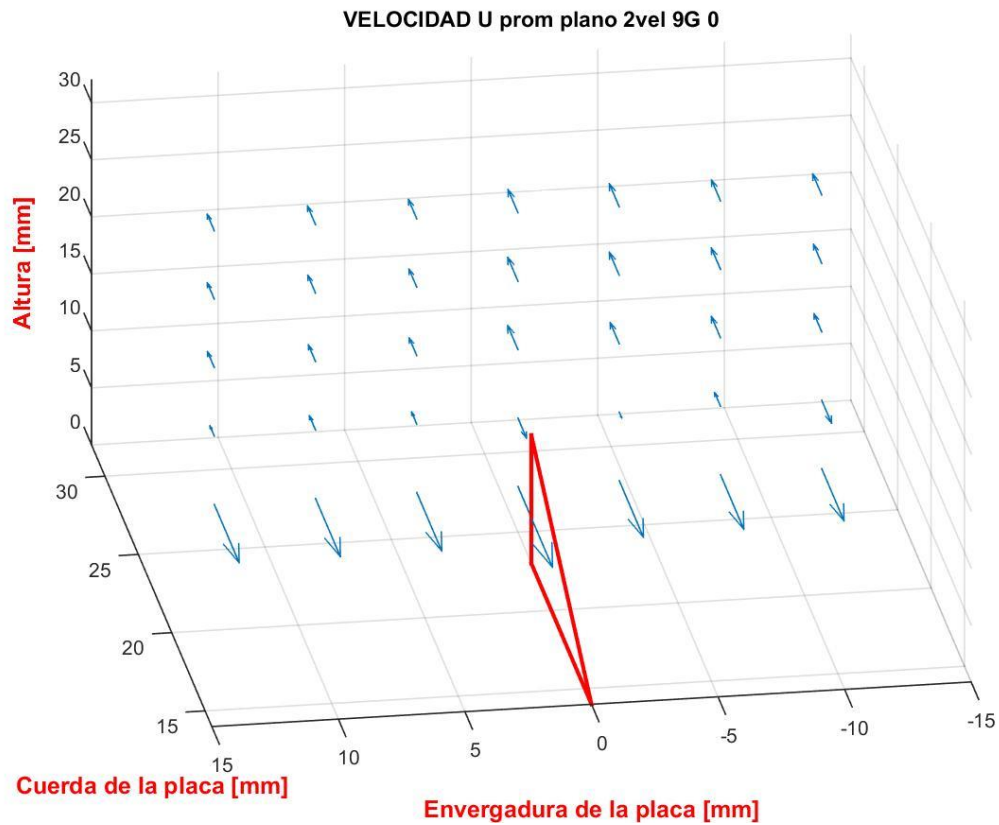
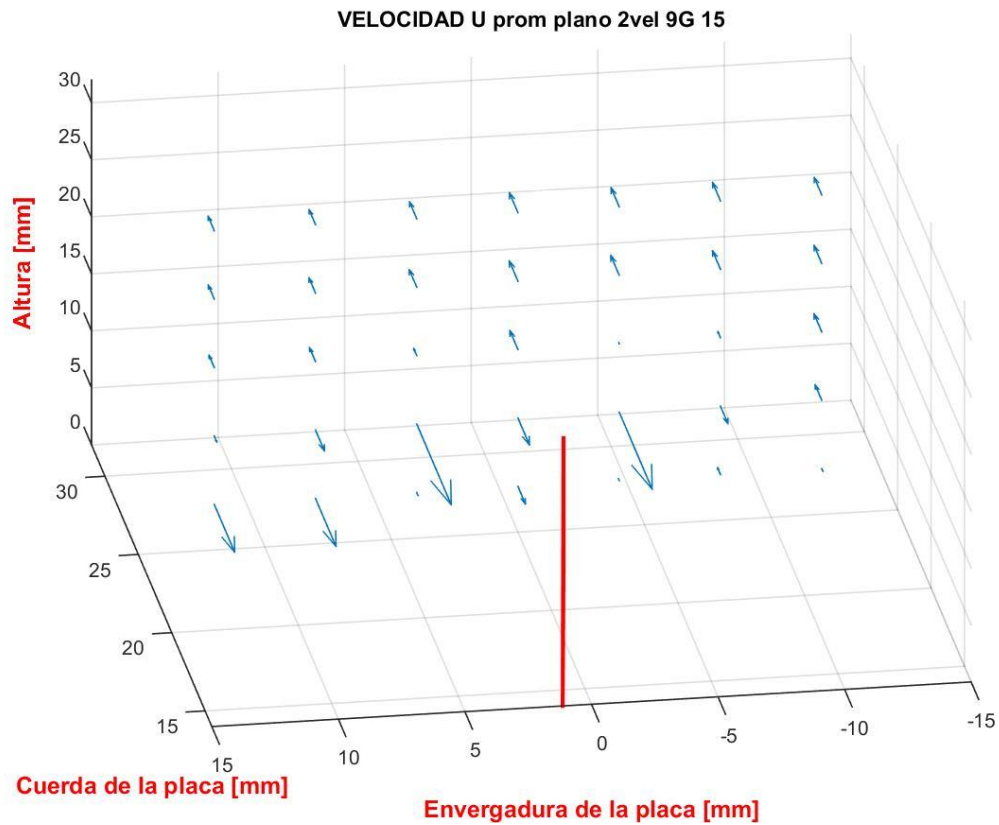


Figura 50: Componente longitudinal de velocidad media P2 Vel9m/s G0°

↑ 9,36131	↑ 9,41141	↑ 9,42461	↑ 9,51101	↑ 9,50791	↑ 9,45911	↑ 9,46311	28
↑ 9,35861	↑ 9,39291	↑ 9,39721	↑ 9,52621	↑ 9,50581	↑ 9,46751	↑ 9,41901	22
↑ 9,34681	↑ 9,36491	↑ 9,38771	↑ 9,53161	↑ 9,46491	↑ 9,46861	↑ 9,39631	16
↑ 9,21991	↑ 9,31481	↑ 9,26381	↑ 8,56151	↑ 8,87301	↑ 9,30151	↑ 8,49731	10
↑ 7,7209	↑ 7,7217	↑ 7,7166	↑ 7,2279	↑ 7,7564	↑ 7,8026	↑ 7,8555	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

Tabla 16: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel9m/s G0°



↑ 9,60786	↑ 9,63536	↑ 9,71366	↑ 9,84666	↑ 9,80806	↑ 9,78306	↑ 9,74186	28
↑ 9,59156	↑ 9,64826	↑ 9,74366	↑ 9,85766	↑ 9,84136	↑ 9,78446	↑ 9,75686	22
↑ 9,52176	↑ 9,58586	↑ 9,29836	↑ 9,80606	↑ 9,04356	↑ 9,26046	↑ 9,76026	16
↑ 8,73986	↑ 8,11336	↑ 5,597	↑ 7,8716	↑ 5,7524	↑ 8,25996	↑ 9,65216	10
↑ 6,9838	↑ 6,9781	↑ 8,87836	↑ 8,26676	↑ 9,08906	↑ 9,29266	↑ 8,88846	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

**Tabla 17: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel9m/s G15°**

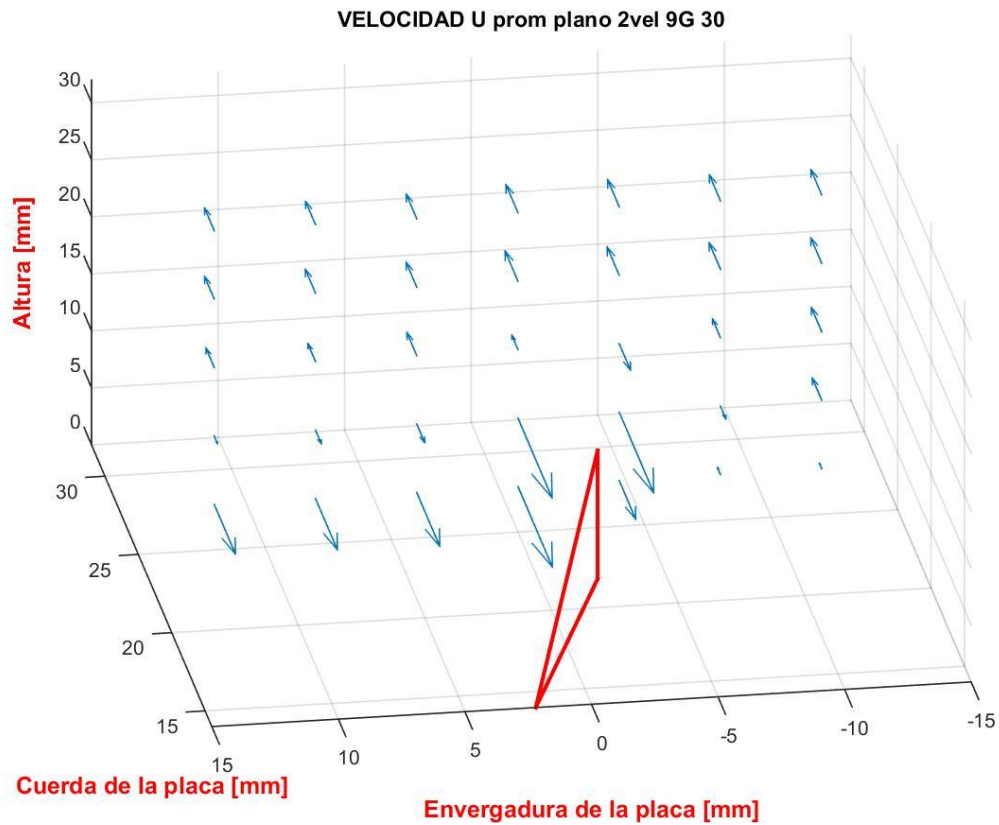


Figura 52: Componente longitudinal de velocidad media P2 Vel9m/s G30°

↑ 9,8975	↑ 9,9218	↑ 9,9746	↑ 10,1141	↑ 10,0781	↑ 10,0302	↑ 10,0066	28
↑ 9,8939	↑ 9,9419	↑ 9,984	↑ 10,1923	↑ 10,1156	↑ 10,0522	↑ 10,0102	22
↑ 9,7708	↑ 9,714	↑ 9,9098	↑ 9,5699	↑ 7,9572	↑ 9,7423	↑ 9,9657	16
↑ 8,6967	↑ 8,4503	↑ 8,2636	↑ 5,8541	↑ 5,8181	↑ 8,4976	↑ 9,8784	10
↑ 7,0409	↑ 6,9756	↑ 6,8761	↑ 5,8296	↑ 7,4746	↑ 9,283	↑ 9,2187	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

Tabla 18: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P2 Vel9m/s G30°

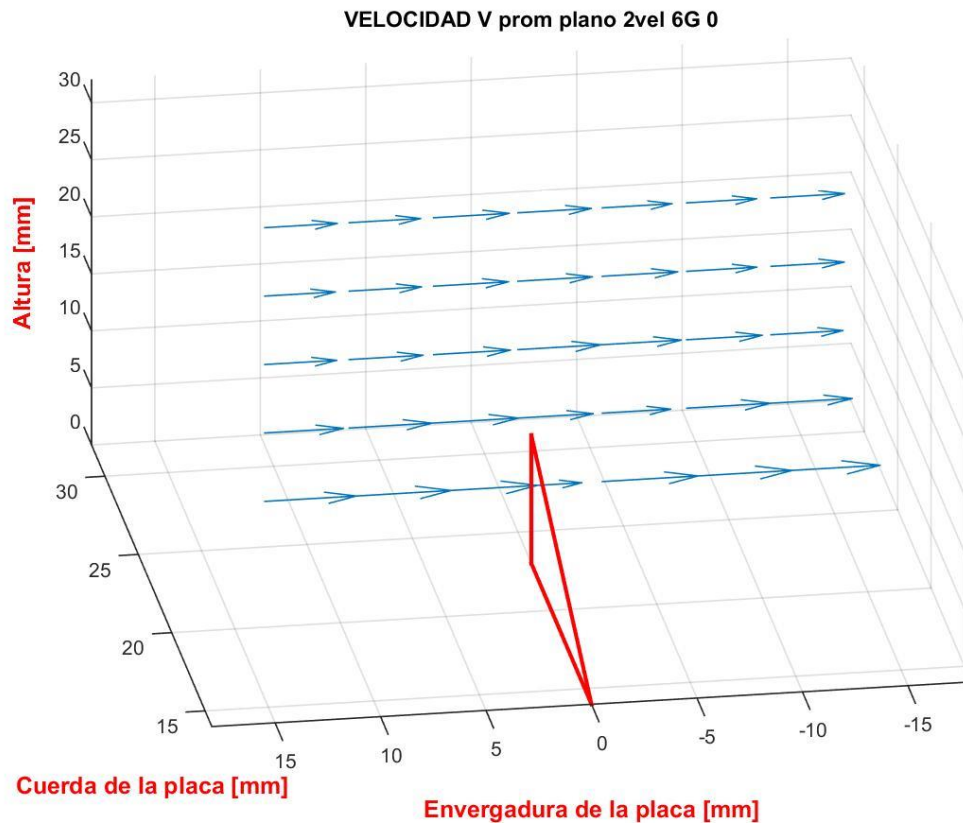


Figura 53: Componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G0°

↓ -0,18545	↓ -0,18286	↓ -0,19368	↓ -0,18774	↓ -0,17847	↓ -0,17907	↓ -0,18784	28
↓ -0,18052	↓ -0,18532	↓ -0,19201	↓ -0,1907	↓ -0,19309	↓ -0,17966	↓ -0,18733	22
↓ -0,18422	↓ -0,18909	↓ -0,19677	↓ -0,21237	↓ -0,202	↓ -0,19346	↓ -0,18388	16
↓ -0,20134	↓ -0,2123	↓ -0,21813	↓ -0,19256	↓ -0,17511	↓ -0,21459	↓ -0,20776	10
↓ -0,23508	↓ -0,26159	↓ -0,26625	↓ -0,16345	↓ -0,24566	↓ -0,2709	↓ -0,27932	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

Tabla 19: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G0°

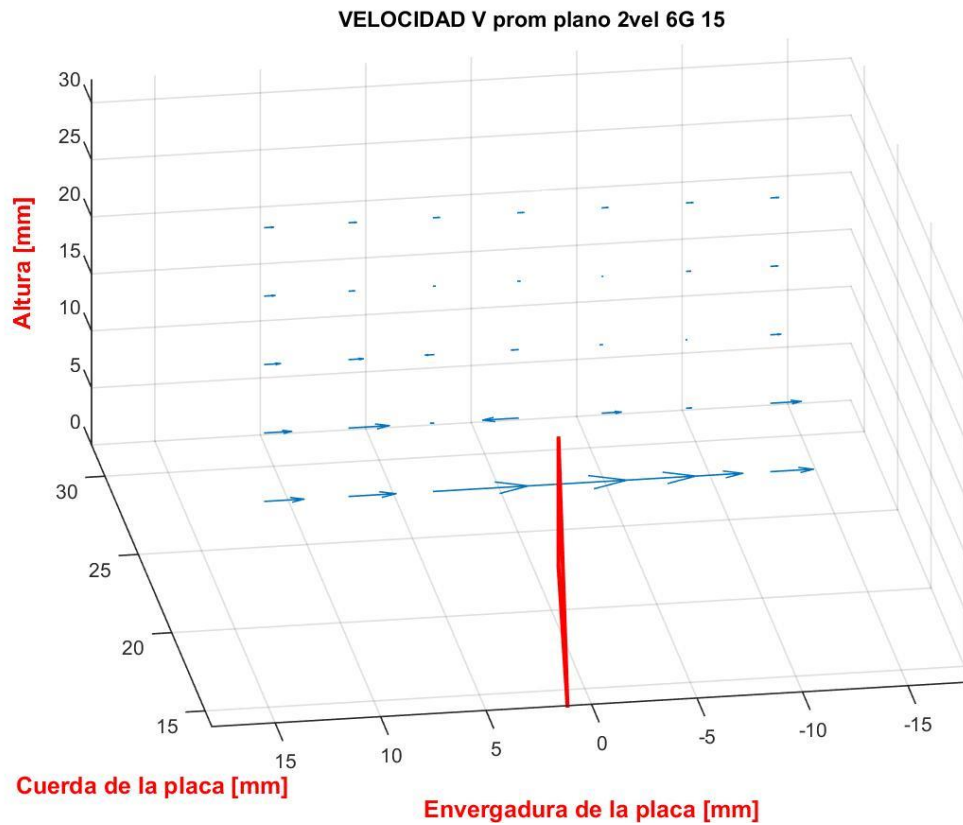


Figura 54: Componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G15°

↓ -0,11731	↓ -0,09833	↓ -0,07922	↓ -0,07905	↓ -0,0767	↓ -0,08526	↓ -0,10209	28
↓ -0,13757	↓ -0,07246	↓ -0,01976	↓ -0,02751	↓ -0,00385	↓ -0,04974	↓ -0,09178	22
↓ -0,21191	↓ -0,19068	↑ 0,11151	↑ 0,088543	↑ 0,028588	↑ 0,006729	↓ -0,131	16
↓ -0,36744	↓ -0,55098	↑ 0,039423	↑ 0,48283	↓ -0,25879	↓ -0,066	↓ -0,41426	10
↓ -0,53697	↓ -0,64165	↓ -1,3042	↓ -1,4984	↓ -1,2857	↓ -0,76934	↓ -0,58111	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

Tabla 20: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G15°

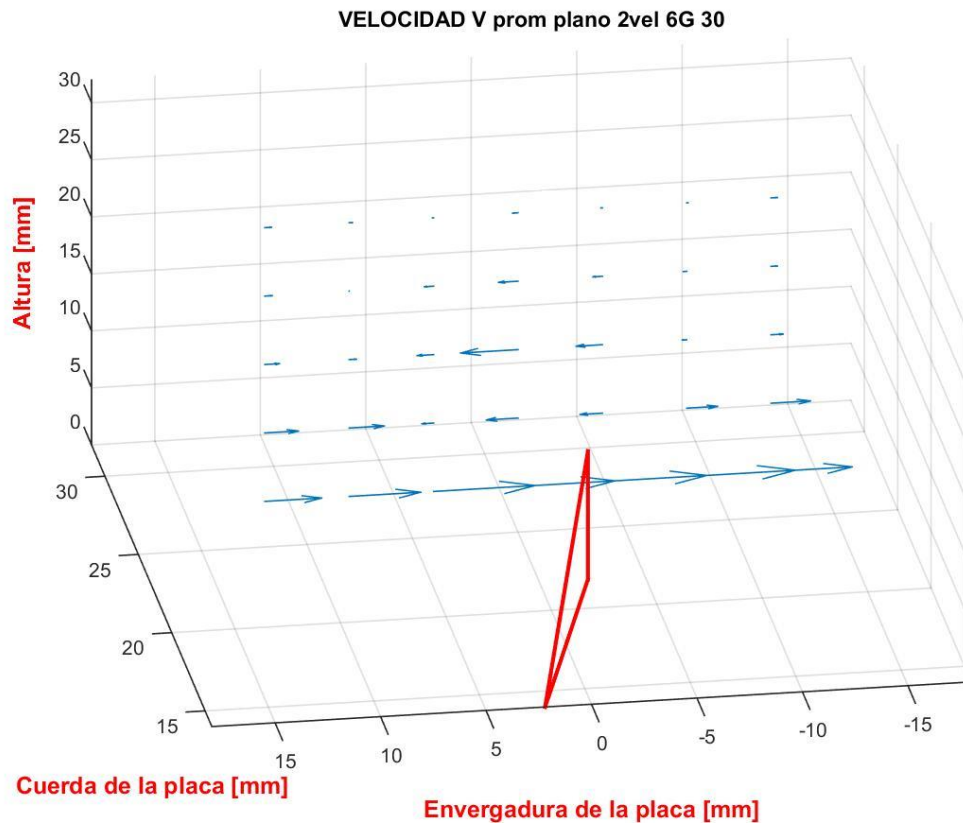


Figura 55: Componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G30°

↓ -0,07196	↓ -0,03497	↑ 0,01261	↑ 0,058247	↑ 0,016511	↓ -0,013	↓ -0,06715	28
↓ -0,07925	↑ 0,000529	↑ 0,10105	↑ 0,21026	↑ 0,10153	↑ 0,037545	↓ -0,06733	22
↓ -0,1576	↓ -0,07714	↑ 0,17749	↑ 0,61852	↑ 0,28232	↑ 0,048192	↓ -0,13091	16
↓ -0,36262	↓ -0,37835	↑ 0,12668	↑ 0,34179	↑ 0,23972	↓ -0,33255	↓ -0,42494	10
↓ -0,61352	↓ -0,77229	↓ -1,0962	↓ -1,047	↓ -1,1278	↓ -1,1756	↓ -0,87541	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

Tabla 21: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel6m/s G30°

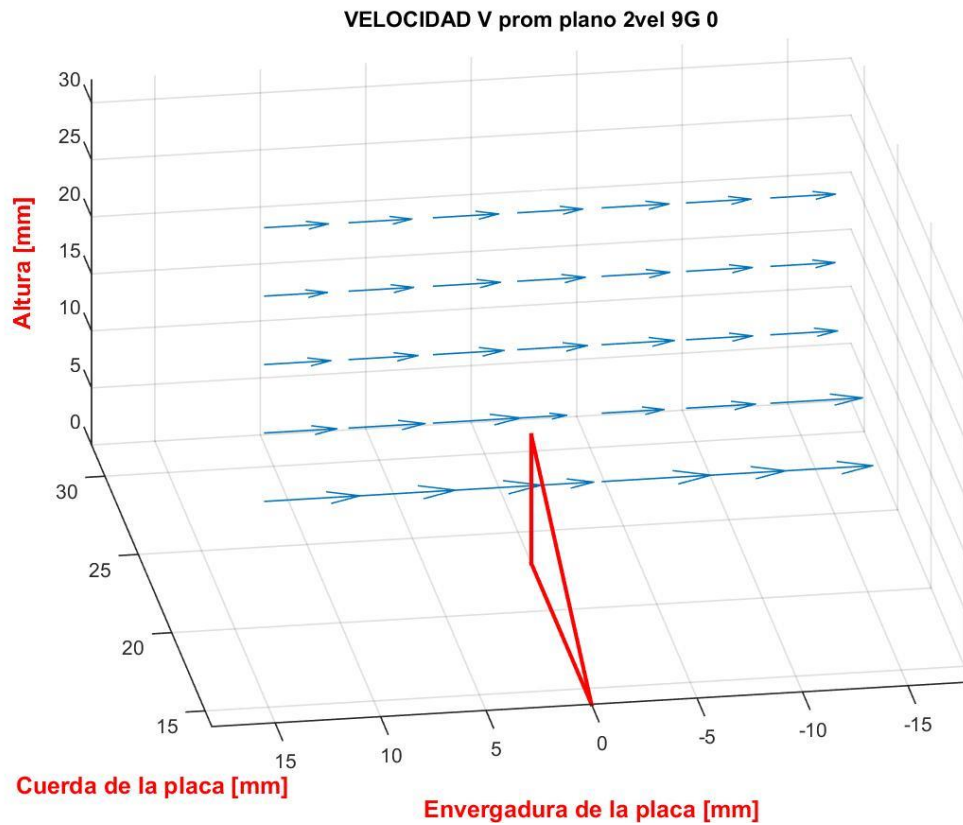


Figura 56: Componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G0°

↓ -0,24504	↓ -0,24165	↓ -0,25109	↓ -0,25011	↓ -0,25747	↓ -0,248	↓ -0,24842	28
↓ -0,24122	↓ -0,2482	↓ -0,25783	↓ -0,25989	↓ -0,26016	↓ -0,25312	↓ -0,24657	22
↓ -0,2549	↓ -0,26523	↓ -0,27179	↓ -0,26778	↓ -0,27795	↓ -0,25419	↓ -0,25642	16
↓ -0,27822	↓ -0,29268	↓ -0,33699	↓ -0,18795	↓ -0,23792	↓ -0,26561	↓ -0,35257	10
↓ -0,36814	↓ -0,41147	↓ -0,41649	↓ -0,29243	↓ -0,42092	↓ -0,38357	↓ -0,39237	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

Tabla 22: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G0°



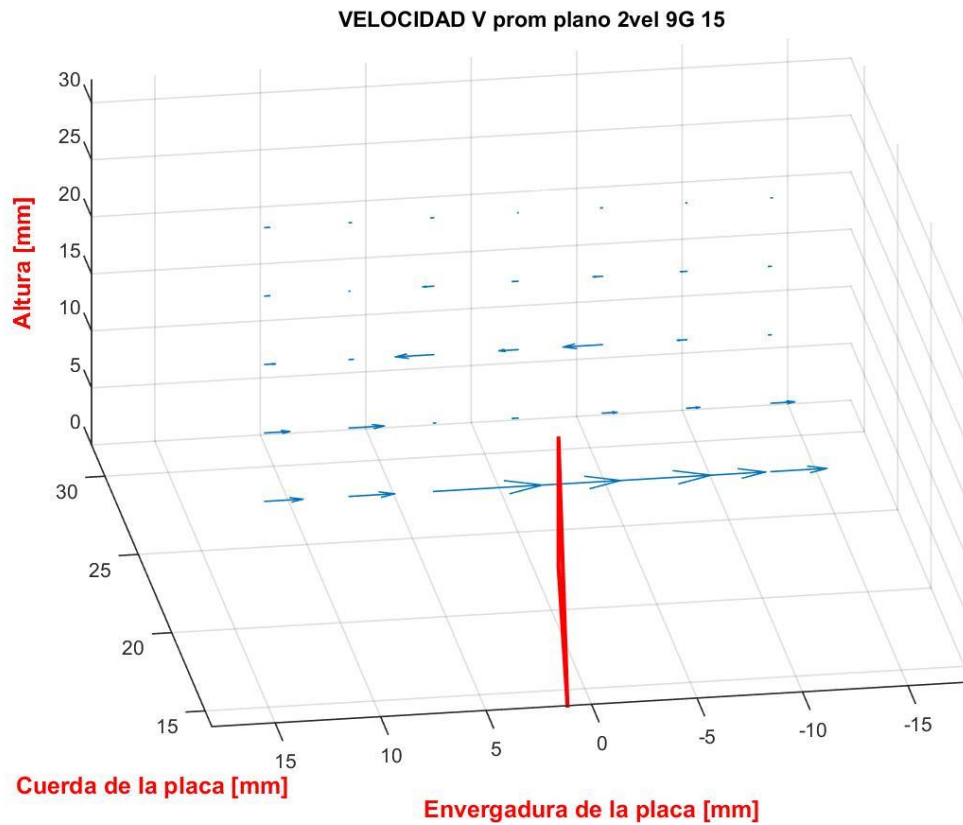


Figura 57: Componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G15°

↓ -0,10789	↓ -0,04866	↑ 0,062218	↓ -0,00288	↑ 0,038219	↑ 0,018295	↓ -0,02724	28
↓ -0,11373	↓ -0,01183	↑ 0,25156	↑ 0,1324	↑ 0,21548	↑ 0,14619	↑ 0,057368	22
↓ -0,24811	↓ -0,09515	↑ 0,89715	↑ 0,44827	↑ 0,92291	↑ 0,22301	↑ 0,057347	16
↓ -0,58558	↓ -0,82068	↓ -0,04481	↑ 0,13151	↓ -0,34534	↓ -0,30871	↓ -0,55158	10
↓ -0,89608	↓ -1,0687	↓ -2,5541	↓ -2,4109	↓ -2,5556	↓ -1,8534	↓ -1,3088	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

Tabla 23: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G15°

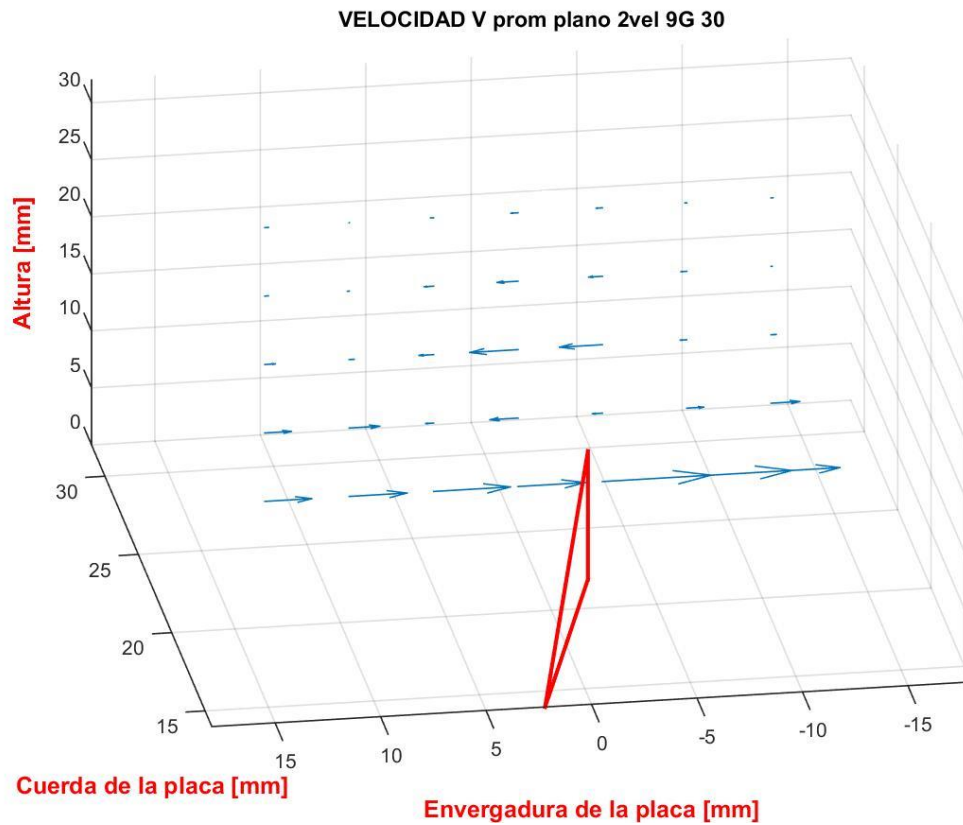


Figura 58: Componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G30°

↓ -0,07085	↓ -0,00102	↑ 0,061465	↑ 0,1416	↑ 0,12473	↑ 0,03621	↓ -0,03665	28
↓ -0,06768	↑ 0,036548	↑ 0,19158	↑ 0,42239	↑ 0,27696	↑ 0,11643	↓ -0,02137	22
↓ -0,21036	↓ -0,09838	↑ 0,29604	↑ 0,97518	↑ 0,8652	↑ 0,13025	↓ -0,10203	16
↓ -0,5369	↓ -0,61638	↑ 0,15913	↑ 0,56778	↑ 0,20134	↓ -0,34255	↓ -0,5785	10
↓ -0,94769	↓ -1,1687	↓ -1,5526	↓ -1,3572	↓ -2,1998	↓ -2,1303	↓ -1,3914	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X / Z [mm]

Tabla 24: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P2 Vel9m/s G30°

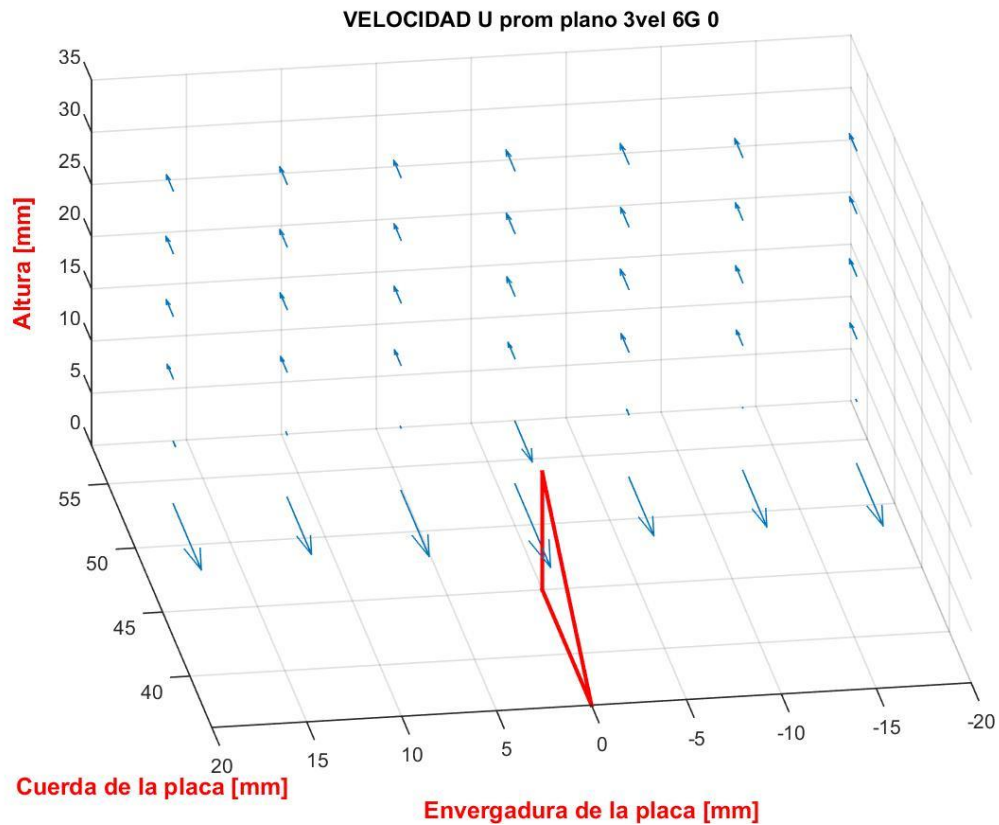


Figura 59: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G0°

↑ 6,27283	↑ 6,29343	↑ 6,29013	↑ 6,35083	↑ 6,34473	↑ 6,31723	↑ 6,28433	34
↑ 6,28953	↑ 6,29263	↑ 6,27403	↑ 6,34003	↑ 6,32583	↑ 6,29013	↑ 6,27883	28
↑ 6,27733	↑ 6,27803	↑ 6,27653	↑ 6,32493	↑ 6,34093	↑ 6,28403	↑ 6,28723	22
↑ 6,24313	↑ 6,26403	↑ 6,26103	↑ 6,27423	↑ 6,31013	↑ 6,25633	↑ 6,26593	16
↑ 5,912526	↑ 6,047126	↑ 6,027226	↑ 5,31233	↑ 6,086926	↑ 6,001826	↑ 6,027826	10
↑ 4,8853	↑ 5,03253	↑ 4,8852	↑ 4,587	↑ 5,00863	↑ 5,04613	↑ 4,9511	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 25: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G0°

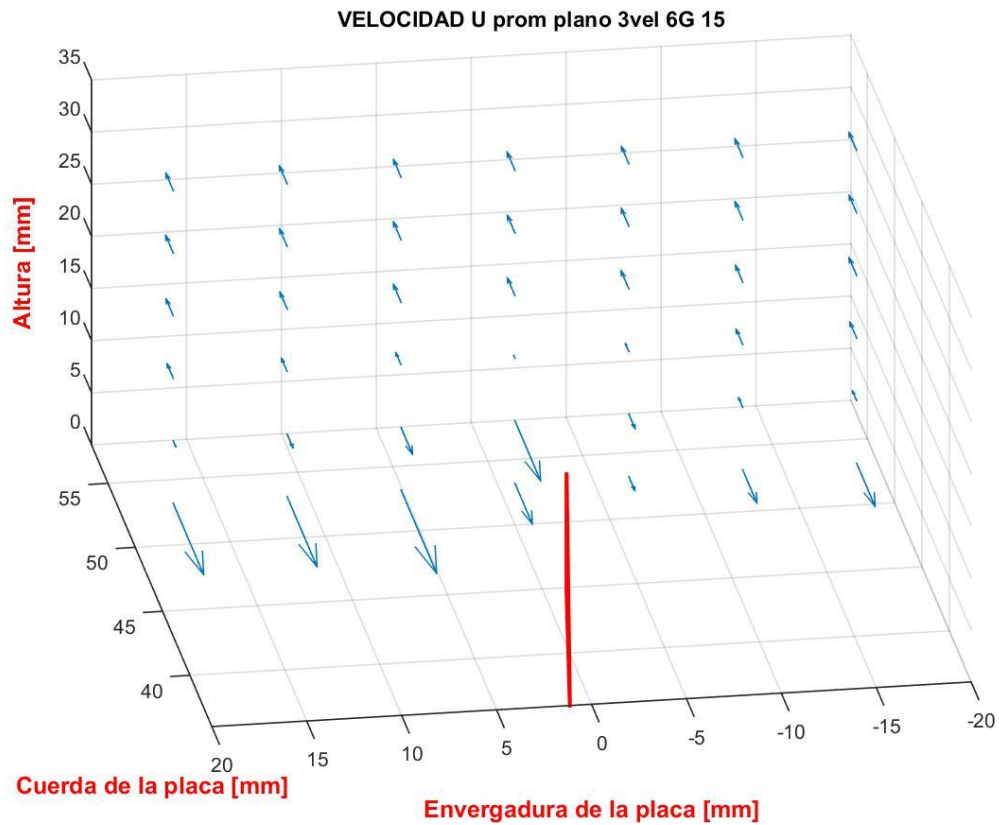


Figura 60: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G15°

↑ 6,31743	↑ 6,32993	↑ 6,32403	↑ 6,33583	↑ 6,31873	↑ 6,33403	↑ 6,33173	34
↑ 6,32613	↑ 6,32253	↑ 6,32933	↑ 6,32443	↑ 6,32633	↑ 6,32823	↑ 6,32233	28
↑ 6,30943	↑ 6,30823	↑ 6,32723	↑ 6,32363	↑ 6,33373	↑ 6,30843	↑ 6,32803	22
↑ 6,26613	↑ 6,24513	↑ 6,22103	↑ 6,052526	↑ 6,14563	↑ 6,28753	↑ 6,29473	16
↑ 5,88833	↑ 5,74853	↑ 5,51103	↑ 4,9104	↑ 5,73183	↑ 6,17753	↑ 6,17883	10
↑ 4,7044	↑ 4,7249	↑ 4,4866	↑ 5,25933	↑ 5,74463	↑ 5,39643	↑ 5,21483	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 26: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G15°

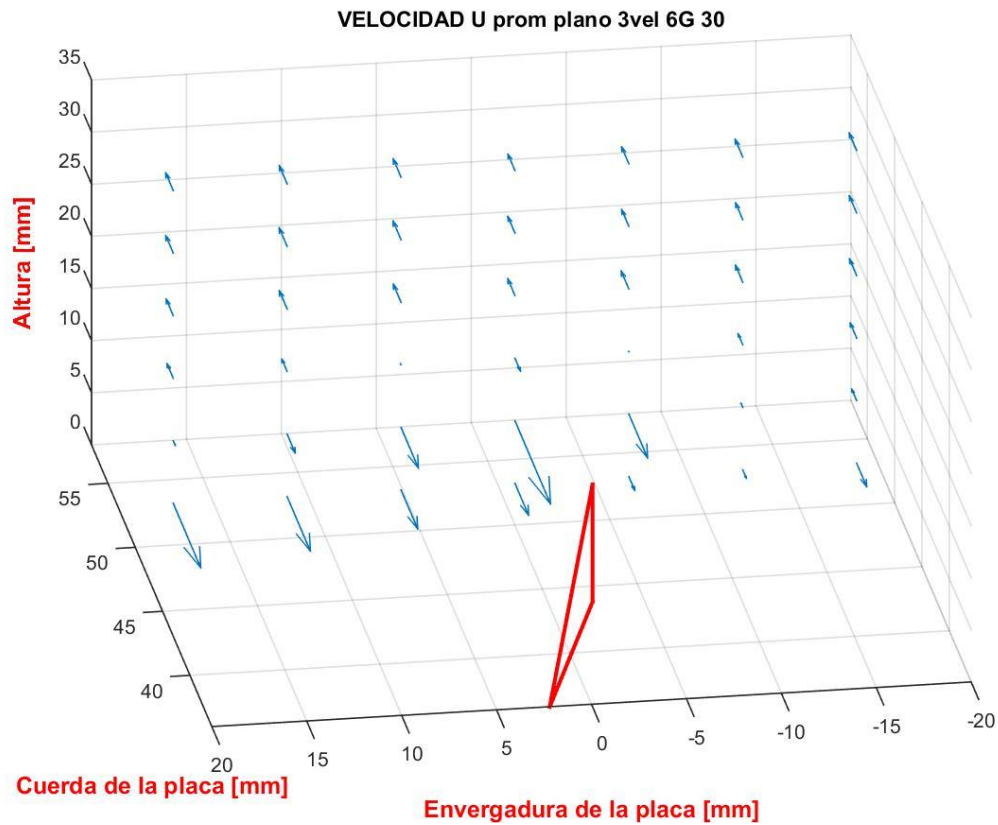


Figura 61: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G30°

↑ 6,41457	↑ 6,42317	↑ 6,42787	↑ 6,38157	↑ 6,39387	↑ 6,41747	↑ 6,40627	34
↑ 6,40857	↑ 6,43477	↑ 6,43827	↑ 6,38567	↑ 6,39027	↑ 6,39397	↑ 6,40087	28
↑ 6,38827	↑ 6,42837	↑ 6,42387	↑ 6,39207	↑ 6,41647	↑ 6,39877	↑ 6,38777	22
↑ 6,33867	↑ 6,29187	↑ 6,032167	↑ 5,70157	↑ 5,996867	↑ 6,25517	↑ 6,35637	16
↑ 5,89077	↑ 5,56057	↑ 5,05967	↑ 4,0722	↑ 4,9822	↑ 6,096167	↑ 6,27067	10
↑ 4,5066	↑ 4,739	↑ 5,09907	↑ 5,25857	↑ 5,68037	↑ 5,80437	↑ 5,45457	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 27: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel6m/s G30°

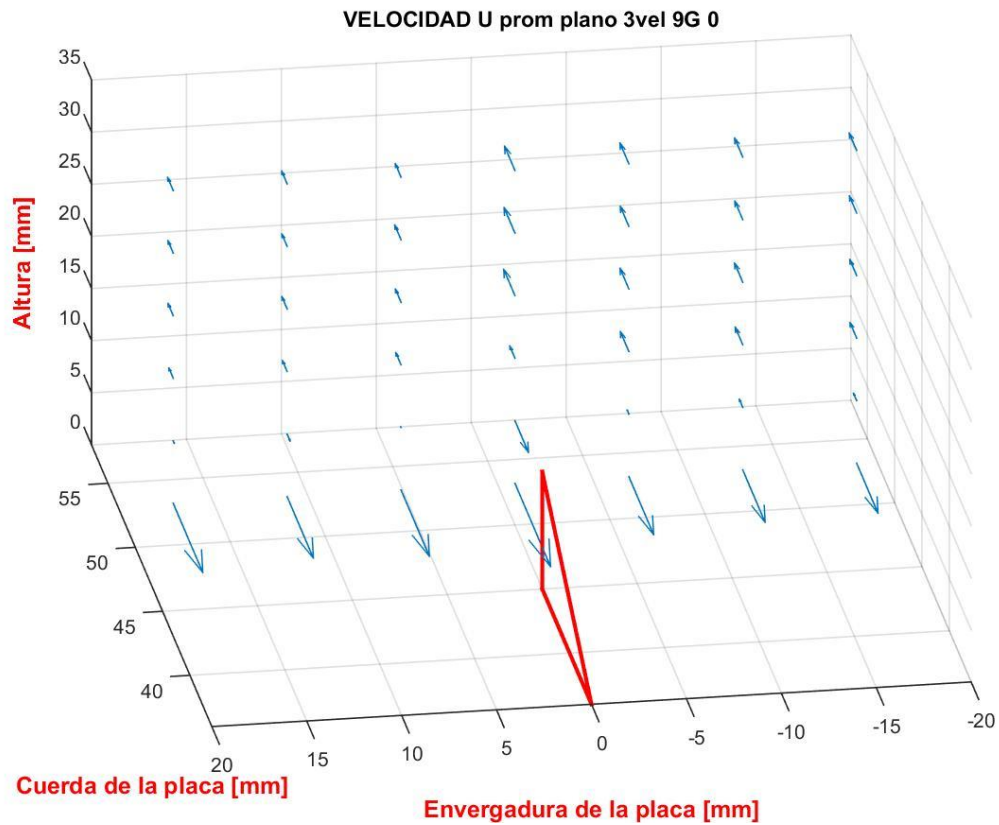


Figura 62: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G0°

↑ 9,34833	↑ 9,34013	↑ 9,35903	↑ 9,64673	↑ 9,55293	↑ 9,50983	↑ 9,46083	34
↑ 9,33003	↑ 9,33133	↑ 9,38963	↑ 9,67863	↑ 9,53543	↑ 9,49613	↑ 9,45203	28
↑ 9,32563	↑ 9,33143	↑ 9,35453	↑ 9,69883	↑ 9,54843	↑ 9,51263	↑ 9,42733	22
↑ 9,27313	↑ 9,29193	↑ 9,32643	↑ 9,31913	↑ 9,52883	↑ 9,46883	↑ 9,41723	16
↑ 8,935833	↑ 8,81723	↑ 9,021033	↑ 8,16173	↑ 9,10863	↑ 9,21883	↑ 9,19543	10
↑ 7,1612	↑ 7,3657	↑ 7,2379	↑ 6,7851	↑ 7,4569	↑ 7,607	↑ 7,6718	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 28: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G0°

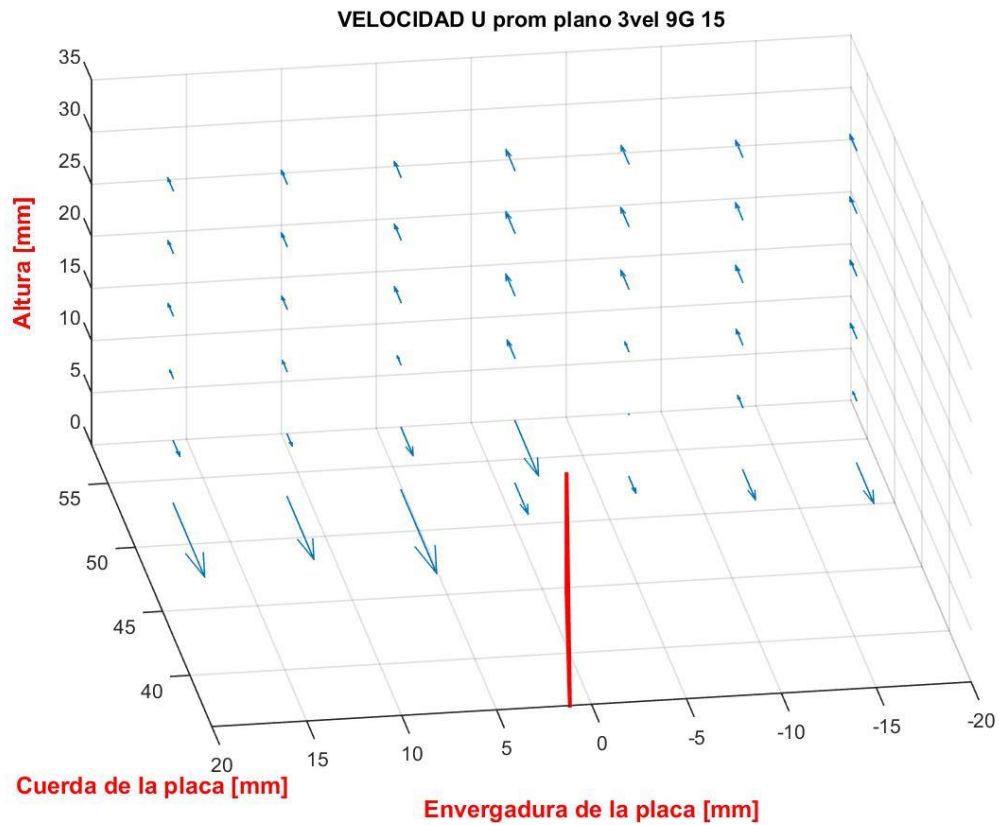


Figura 63: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G15°

↑ 9,38325	↑ 9,40675	↑ 9,47375	↑ 9,62775	↑ 9,54575	↑ 9,49615	↑ 9,47565	34
↑ 9,37305	↑ 9,40485	↑ 9,46185	↑ 9,63895	↑ 9,56315	↑ 9,50485	↑ 9,47965	28
↑ 9,36565	↑ 9,38655	↑ 9,46245	↑ 9,64295	↑ 9,55965	↑ 9,50495	↑ 9,46045	22
↑ 9,24735	↑ 9,33035	↑ 9,26975	↑ 9,54455	↑ 9,28135	↑ 9,46405	↑ 9,43745	16
↑ 8,53825	↑ 8,64535	↑ 8,15395	↑ 7,3471	↑ 8,993745	↑ 9,35585	↑ 9,26605	10
↑ 6,7964	↑ 7,1198	↑ 6,5032	↑ 8,07495	↑ 8,50505	↑ 8,10785	↑ 7,7995	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 29: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G15°

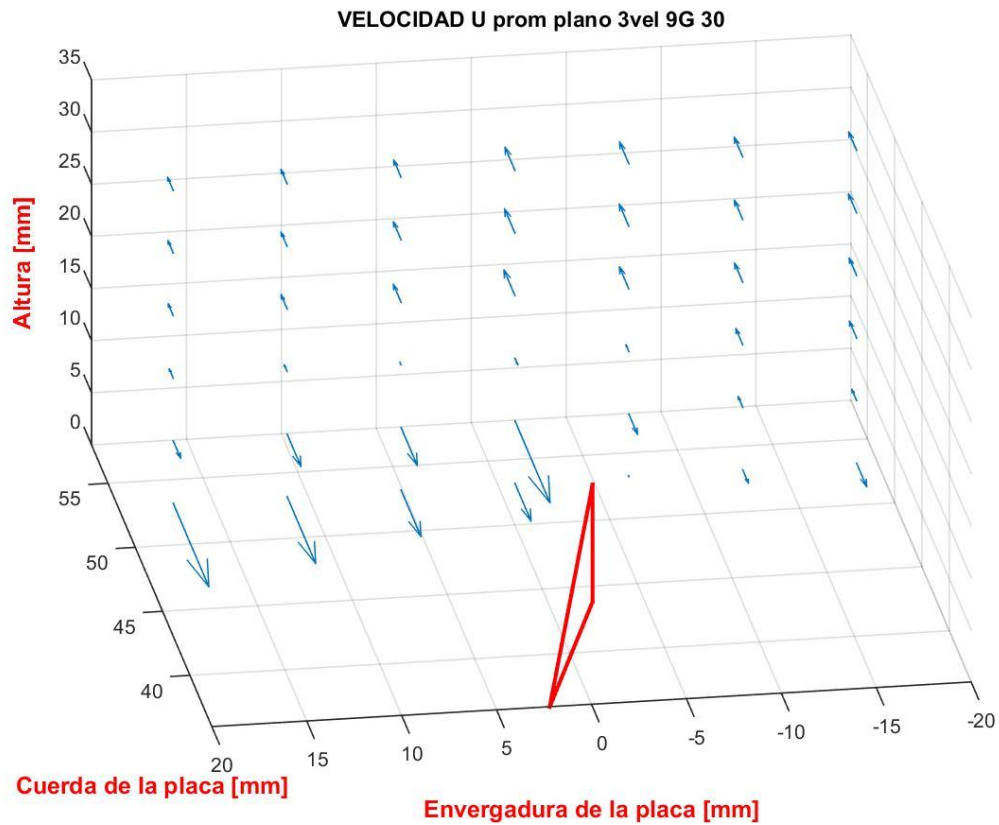


Figura 64: Componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G30°

↑ 9,4206	↑ 9,4548	↑ 9,5431	↑ 9,7348	↑ 9,6873	↑ 9,628	↑ 9,5865	34
↑ 9,3928	↑ 9,4494	↑ 9,5675	↑ 9,7632	↑ 9,7045	↑ 9,6161	↑ 9,6048	28
↑ 9,3749	↑ 9,4495	↑ 9,5671	↑ 9,8155	↑ 9,6967	↑ 9,6038	↑ 9,5525	22
↑ 9,2926	↑ 9,2128	↑ 9,083598	↑ 8,7908	↑ 9,215	↑ 9,5143	↑ 9,5396	16
↑ 8,4484	↑ 7,9796	↑ 7,7977	↑ 6,4	↑ 8,359	↑ 9,3419	↑ 9,3563	10
↑ 6,3624	↑ 6,8856	↑ 7,5267	↑ 7,8095	↑ 9,028298	↑ 8,5838	↑ 8,2588	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 30: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P3 Vel9m/s G30°



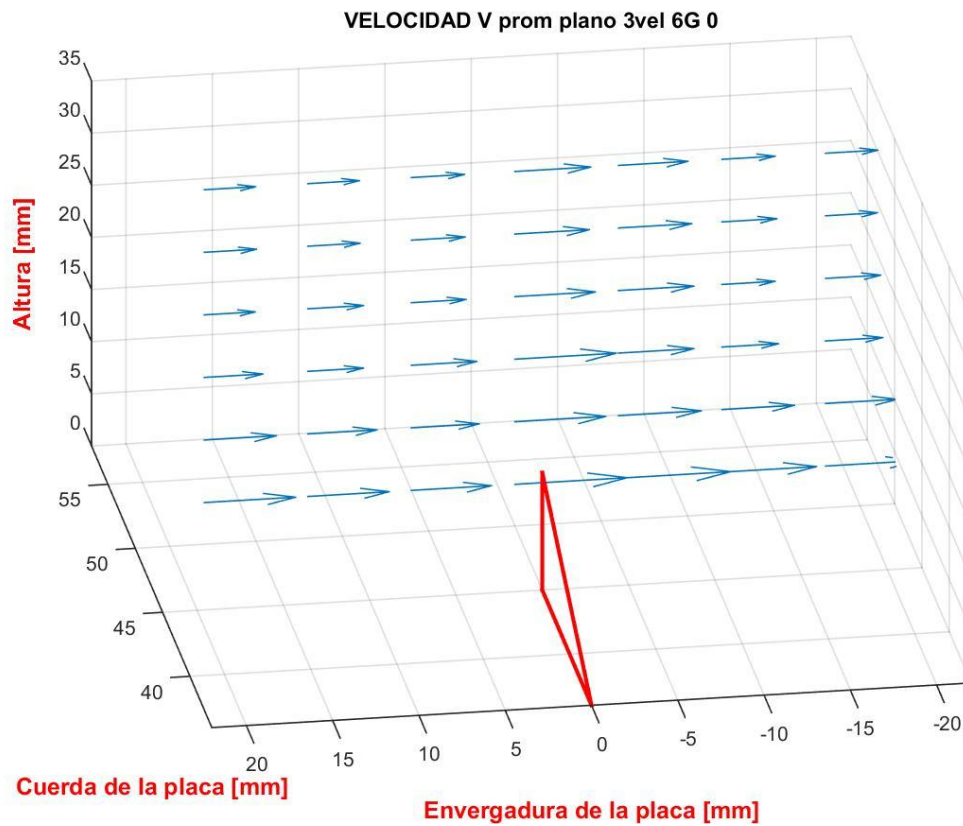


Figura 65: Componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G0°

↓ -0,12857	↓ -0,1289	↓ -0,13301	↓ -0,18993	↓ -0,17414	↓ -0,13294	↓ -0,13072	34
↓ -0,13063	↓ -0,13087	↓ -0,13473	↓ -0,18655	↓ -0,18347	↓ -0,13729	↓ -0,12973	28
↓ -0,12773	↓ -0,13962	↓ -0,13705	↓ -0,20153	↓ -0,18868	↓ -0,13289	↓ -0,13811	22
↓ -0,14678	↓ -0,13938	↓ -0,1637	↓ -0,25379	↓ -0,18898	↓ -0,14171	↓ -0,14301	16
↓ -0,18064	↓ -0,17307	↓ -0,16988	↓ -0,22764	↓ -0,20714	↓ -0,18138	↓ -0,17954	10
↓ -0,22874	↓ -0,20379	↓ -0,20047	↓ -0,28157	↓ -0,2816	↓ -0,23676	↓ -0,23191	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 31: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G0°

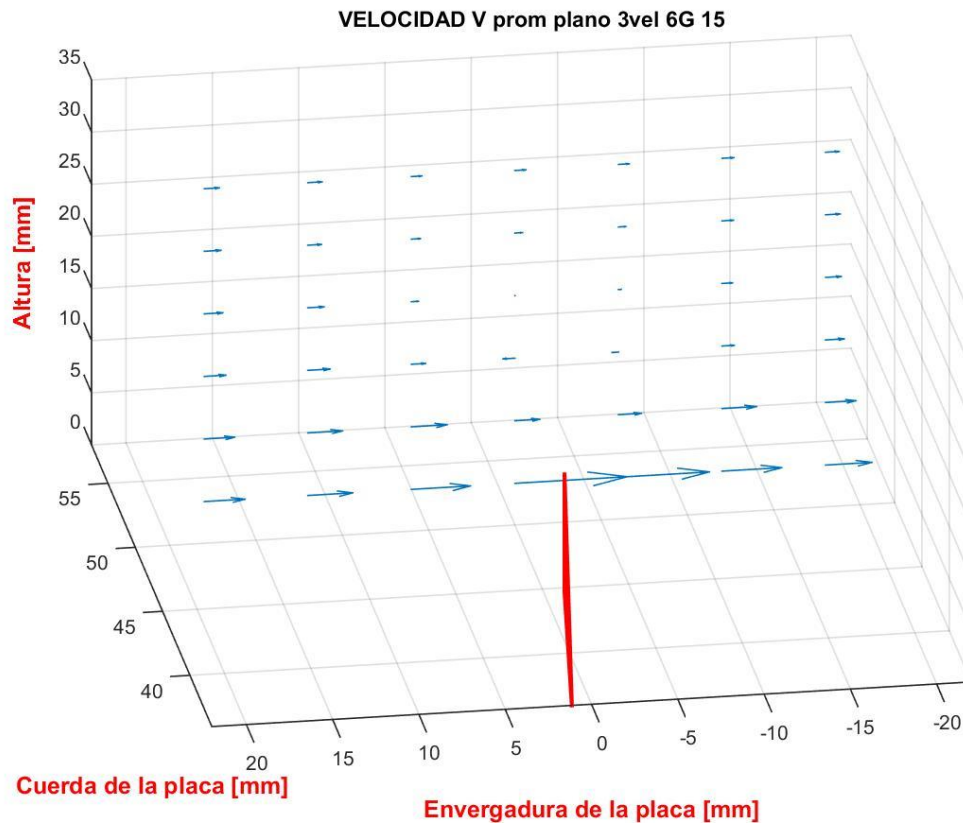


Figura 66: Componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G15°

↓ -0,13931	↓ -0,13171	↓ -0,09672	↓ -0,10092	↓ -0,09897	↓ -0,10943	↓ -0,12615	34
↓ -0,15389	↓ -0,12564	↓ -0,08381	↓ -0,06997	↓ -0,06792	↓ -0,10582	↓ -0,13577	28
↓ -0,17072	↓ -0,14996	↓ -0,0658	↓ -0,00042	↓ -0,0256	↓ -0,09651	↓ -0,14477	22
↓ -0,19902	↓ -0,20629	↓ -0,13113	↑ 0,11123	↑ 0,05987	↓ -0,11324	↓ -0,17259	16
↓ -0,28076	↓ -0,32037	↓ -0,32928	↓ -0,2289	↓ -0,21193	↓ -0,31793	↓ -0,28044	10
↓ -0,37651	↓ -0,41428	↓ -0,54579	↓ -1,0361	↓ -0,83913	↓ -0,55041	↓ -0,42736	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 32: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G15°

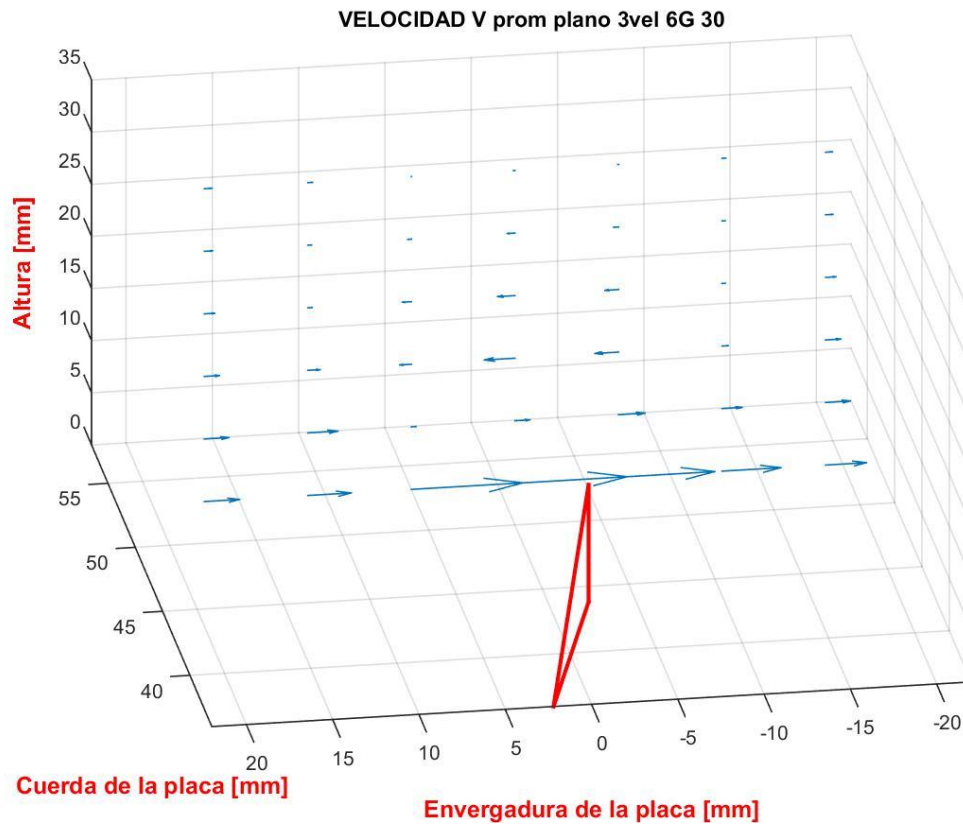


Figura 67: Componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G30°

↓ -0,10639	↓ -0,06514	↓ -0,00057	↑ 0,021532	↑ 0,010581	↓ -0,05208	↓ -0,09354	34
↓ -0,11342	↓ -0,0499	↑ 0,050117	↑ 0,10656	↑ 0,066359	↓ -0,04401	↓ -0,10163	28
↓ -0,1434	↓ -0,06062	↑ 0,12563	↑ 0,23996	↑ 0,18627	↓ -0,04355	↓ -0,14254	22
↓ -0,20903	↓ -0,16743	↑ 0,16137	↑ 0,42285	↑ 0,32628	↓ -0,08523	↓ -0,2088	16
↓ -0,3382	↓ -0,41487	↓ -0,06305	↓ -0,20699	↓ -0,36576	↓ -0,27907	↓ -0,33948	10
↓ -0,4866	↓ -0,59872	↓ -1,5409	↓ -1,5492	↓ -1,3285	↓ -0,8128	↓ -0,56315	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 33: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel6m/s G30°

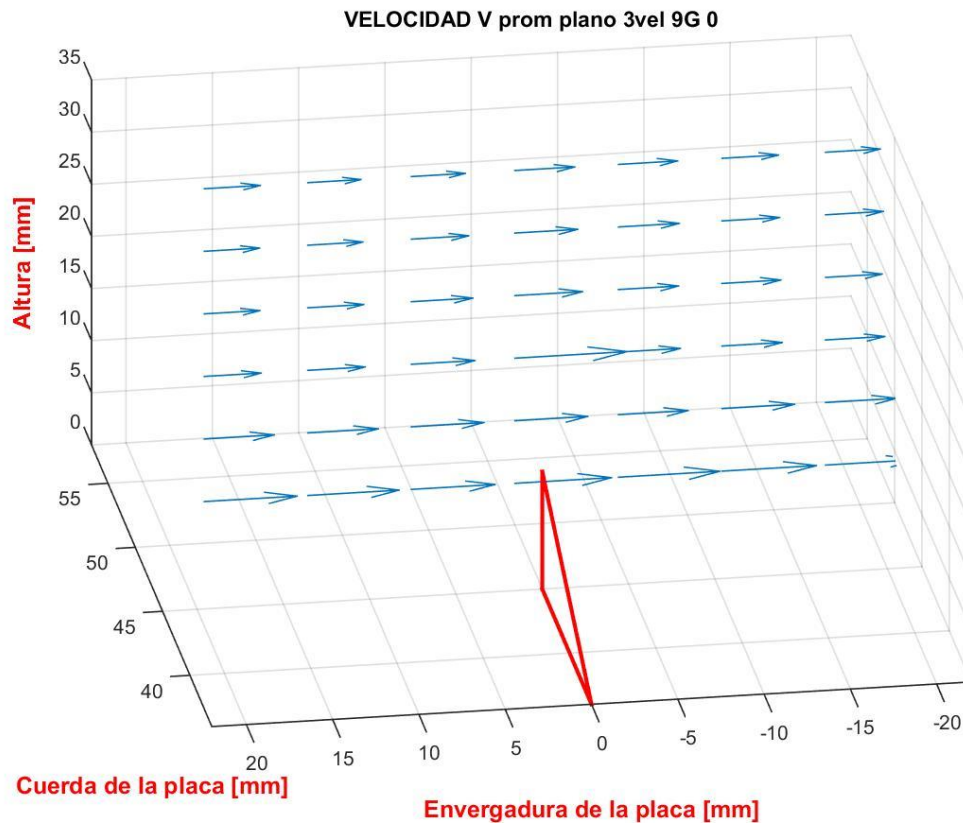


Figura 68: Componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G0°

↓ -0,24207	↓ -0,22948	↓ -0,2332	↓ -0,25891	↓ -0,256	↓ -0,24418	↓ -0,23643	34
↓ -0,23919	↓ -0,23818	↓ -0,24794	↓ -0,27166	↓ -0,26325	↓ -0,24916	↓ -0,24974	28
↓ -0,24015	↓ -0,24199	↓ -0,26562	↓ -0,29227	↓ -0,25997	↓ -0,25446	↓ -0,24455	22
↓ -0,2458	↓ -0,24788	↓ -0,27507	↓ -0,48576	↓ -0,26776	↓ -0,26049	↓ -0,2559	16
↓ -0,30253	↓ -0,30449	↓ -0,31324	↓ -0,31507	↓ -0,30092	↓ -0,31359	↓ -0,3078	10
↓ -0,40087	↓ -0,39445	↓ -0,36176	↓ -0,41817	↓ -0,43814	↓ -0,40815	↓ -0,40274	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 34: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G0°

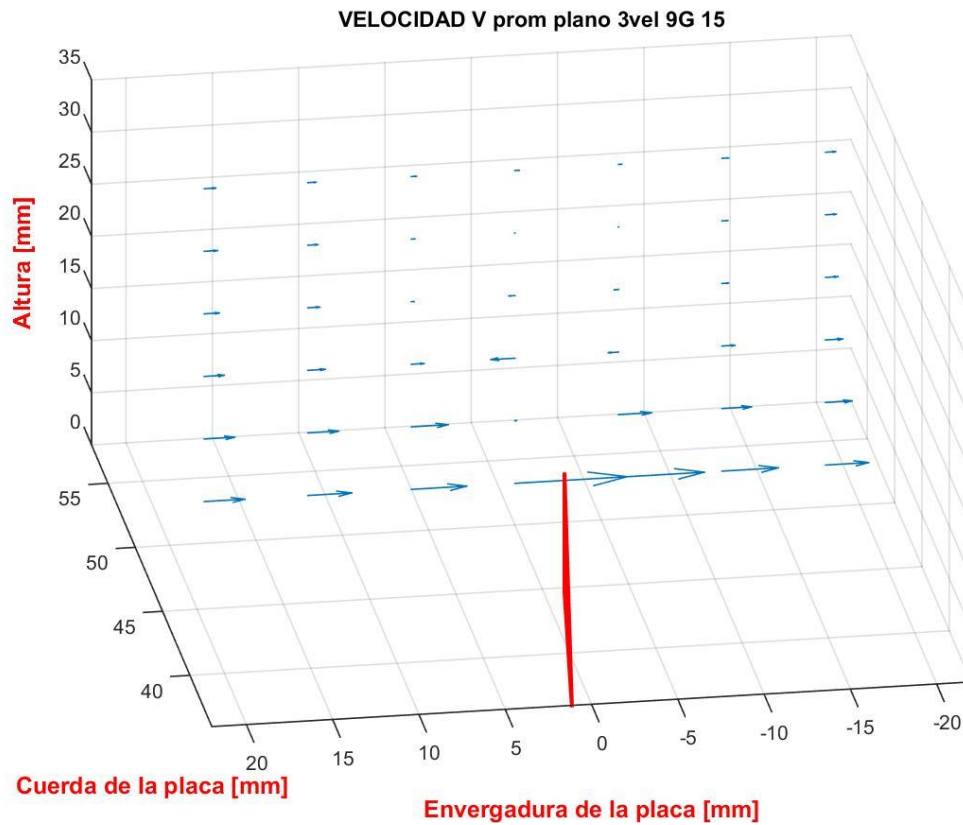


Figura 69: Componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G15°

↓ -0,16771	↓ -0,12006	↓ -0,07485	↓ -0,06004	↓ -0,04745	↓ -0,09578	↓ -0,1451	34
↓ -0,19085	↓ -0,14723	↓ -0,0509	↑ 0,002936	↓ -0,00146	↓ -0,08497	↓ -0,15638	28
↓ -0,21876	↓ -0,1726	↓ -0,03808	↑ 0,08758	↑ 0,063007	↓ -0,09552	↓ -0,17934	22
↓ -0,28961	↓ -0,25237	↓ -0,18503	↑ 0,34942	↑ 0,1485	↓ -0,18713	↓ -0,24937	16
↓ -0,44235	↓ -0,44868	↓ -0,53406	↓ -0,02302	↓ -0,48128	↓ -0,42784	↓ -0,38554	10
↓ -0,58908	↓ -0,63697	↓ -0,80344	↓ -1,6284	↓ -1,2466	↓ -0,81685	↓ -0,62598	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 35: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G15°

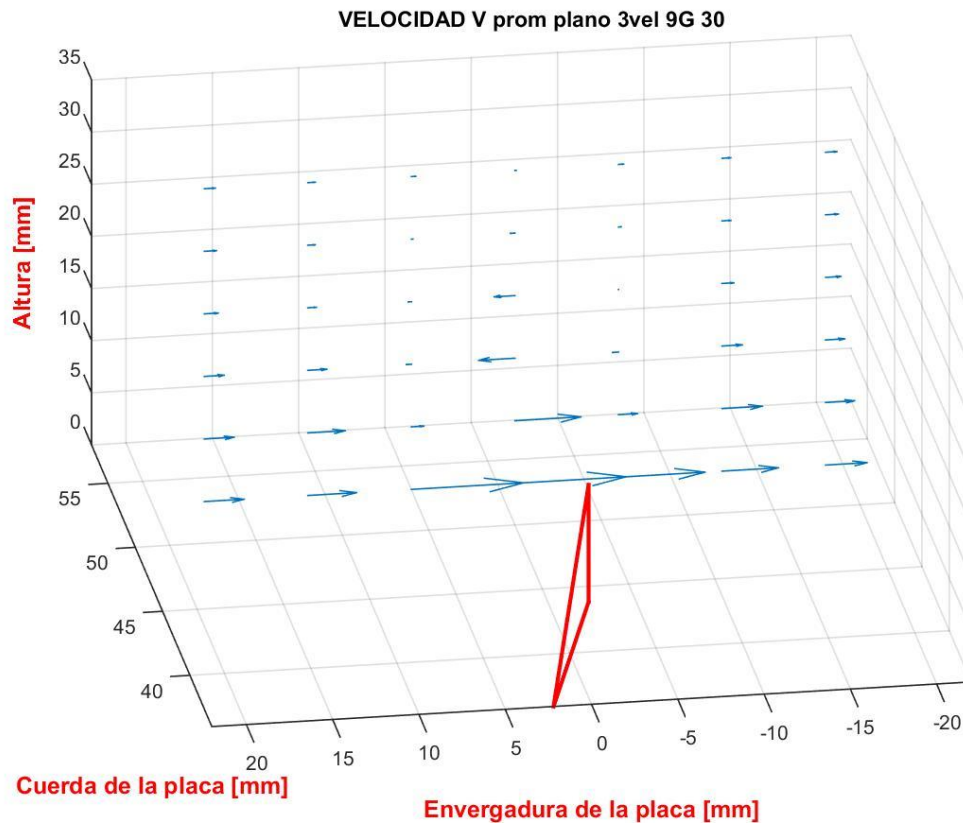


Figura 70: Componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G30°

↓ -0,23528	↓ -0,1579	↓ -0,09459	↓ -0,02693	↓ -0,10747	↓ -0,18684	↓ -0,24248	34
↓ -0,25767	↓ -0,15779	↓ -0,03292	↑ 0,099428	↓ -0,05914	↓ -0,18828	↓ -0,2714	28
↓ -0,29675	↓ -0,18215	↑ 0,06734	↑ 0,44314	↓ -0,00197	↓ -0,25095	↓ -0,3281	22
↓ -0,42292	↓ -0,40506	↑ 0,10837	↑ 0,77343	↑ 0,12674	↓ -0,4317	↓ -0,4081	16
↓ -0,63727	↓ -0,7978	↓ -0,2635	↓ -1,4047	↓ -0,40565	↓ -0,8588	↓ -0,61712	10
↓ -0,84887	↓ -1,0388	↓ -2,3907	↓ -2,3697	↓ -1,8418	↓ -1,2005	↓ -0,88273	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X / Z [mm]

Tabla 36: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P3 Vel9m/s G30°

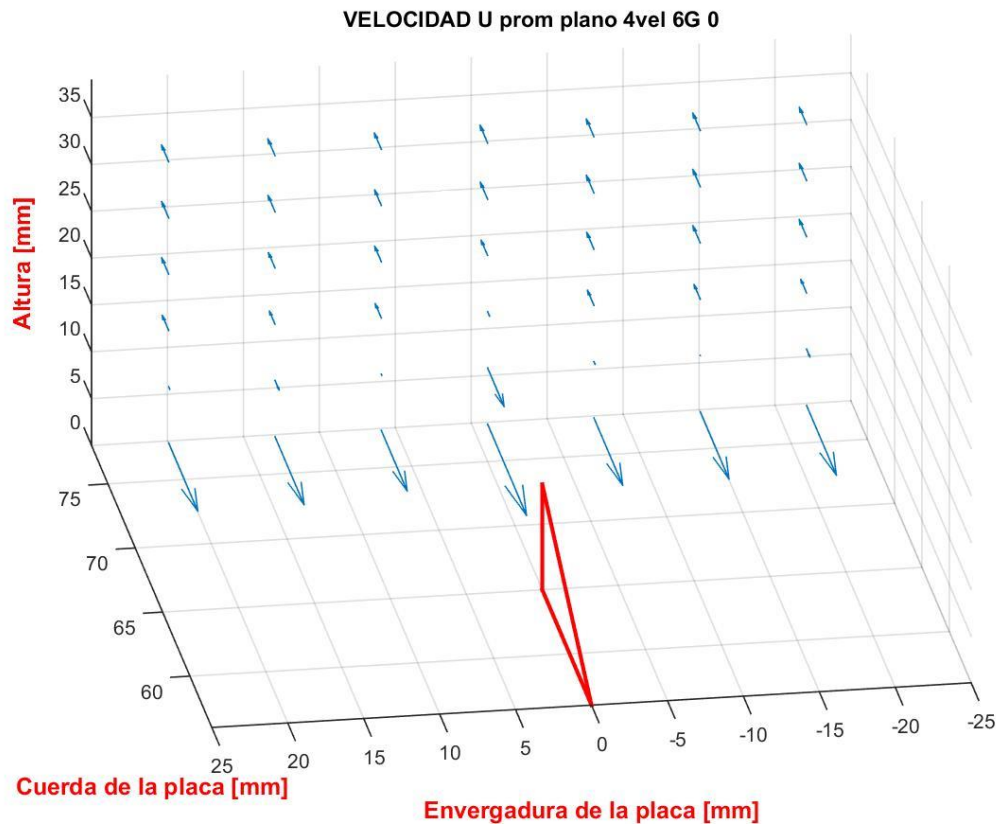


Figura 71: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G0°

↑ 5,7111	↑ 5,719	↑ 5,7332	↑ 5,7255	↑ 5,7277	↑ 5,7312	↑ 5,7351	40
↑ 5,7139	↑ 5,7113	↑ 5,7062	↑ 5,7299	↑ 5,731	↑ 5,7247	↑ 5,7154	34
↑ 5,7068	↑ 5,7062	↑ 5,6925	↑ 5,7176	↑ 5,7273	↑ 5,7222	↑ 5,718	28
↑ 5,7063	↑ 5,6884	↑ 5,6924	↑ 5,6891	↑ 5,7131	↑ 5,7209	↑ 5,7207	22
↑ 5,6874	↑ 5,6547	↑ 5,6743	↑ 5,3764	↑ 5,6866	↑ 5,6785	↑ 5,6613	16
↑ 5,409	↑ 5,2953	↑ 5,4311	↑ 4,8342	↑ 5,4054	↑ 5,4485	↑ 5,3235	10
↑ 4,3647	↑ 4,3681	↑ 4,4856	↑ 4,0009	↑ 4,3785	↑ 4,3783	↑ 4,3389	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 37: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G0°

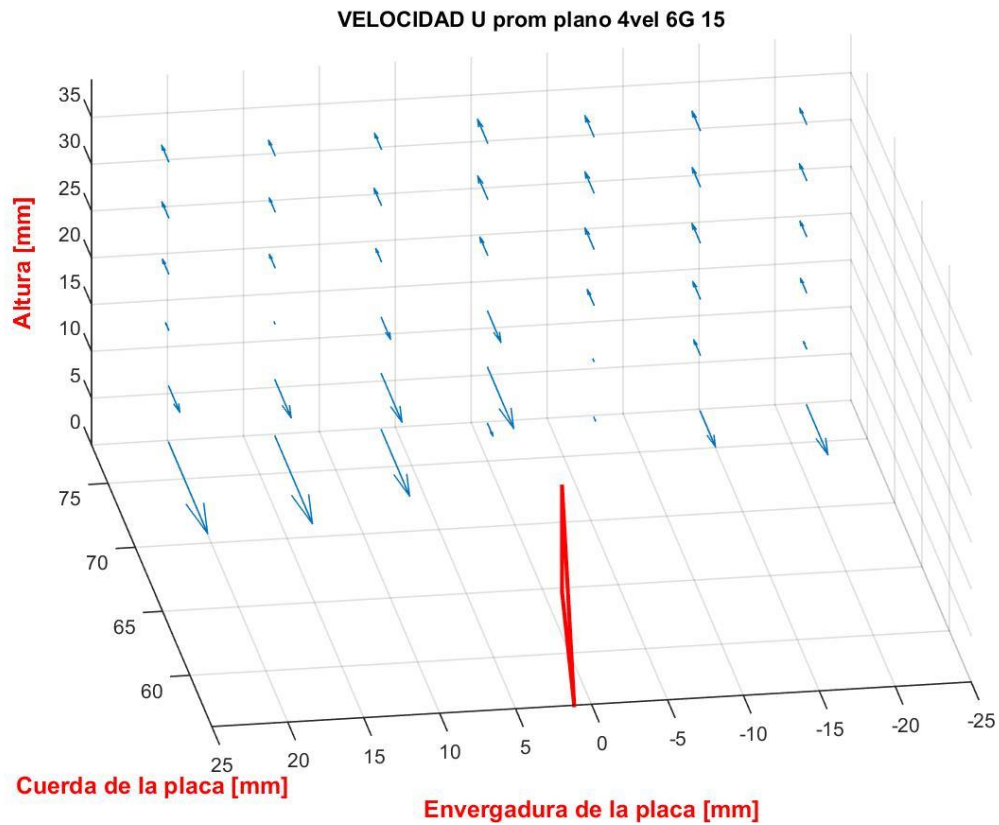


Figura 72: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G15°

↑ 6,2947	↑ 6,269	↑ 6,2887	↑ 6,4117	↑ 6,3771	↑ 6,3359	↑ 6,3108	40
↑ 6,2924	↑ 6,2691	↑ 6,2818	↑ 6,4202	↑ 6,3741	↑ 6,3434	↑ 6,2856	34
↑ 6,2821	↑ 6,2407	↑ 6,3049	↑ 6,4115	↑ 6,3744	↑ 6,3402	↑ 6,2982	28
↑ 6,2621	↑ 6,239	↑ 6,2272	↑ 6,3241	↑ 6,3762	↑ 6,3429	↑ 6,2698	22
↑ 6,1246	↑ 6,0316	↑ 5,6097	↑ 5,4432	↑ 6,2762	↑ 6,309	↑ 6,2546	16
↑ 5,5314	↑ 5,3204	↑ 5,1273	↑ 4,9038	↑ 6,0369	↑ 6,2708	↑ 6,1264	10
↑ 4,3604	↑ 4,4231	↑ 4,8081	↑ 5,777	↑ 5,9381	↑ 5,3596	↑ 5,1037	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 38: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G15°



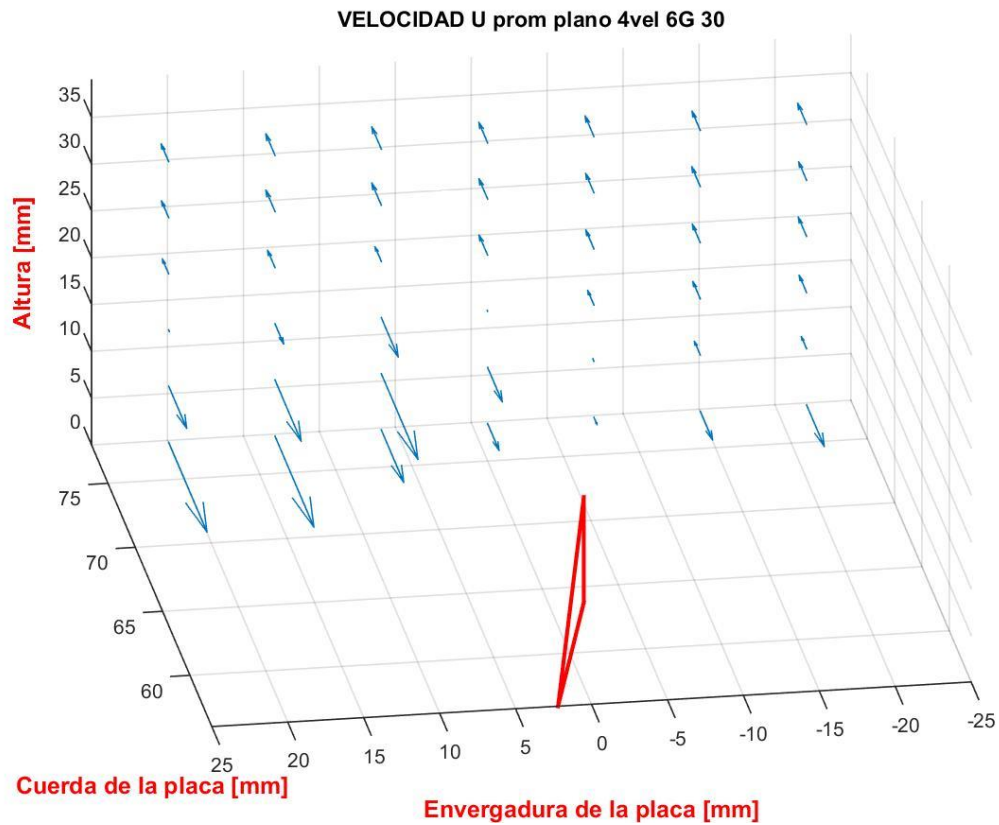


Figura 73: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G30°

↑ 6,2273	↑ 6,2713	↑ 6,2883	↑ 6,2635	↑ 6,2736	↑ 6,2699	↑ 6,2592	40
↑ 6,2199	↑ 6,2898	↑ 6,3035	↑ 6,2727	↑ 6,2748	↑ 6,2471	↑ 6,2782	34
↑ 6,2016	↑ 6,2866	↑ 6,3055	↑ 6,2664	↑ 6,2495	↑ 6,2583	↑ 6,2318	28
↑ 6,1651	↑ 6,2126	↑ 6,1602	↑ 6,2643	↑ 6,2417	↑ 6,2331	↑ 6,2478	22
↑ 5,8536	↑ 5,5028	↑ 5,1344	↑ 5,899	↑ 6,1609	↑ 6,2124	↑ 6,2097	16
↑ 5,0857	↑ 4,7218	↑ 4,2595	↑ 5,2318	↑ 5,9302	↑ 6,1438	↑ 6,1112	10
↑ 4,1834	↑ 4,156	↑ 4,8869	↑ 5,3782	↑ 5,7462	↑ 5,3369	↑ 5,098	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 39: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel6m/s G30°

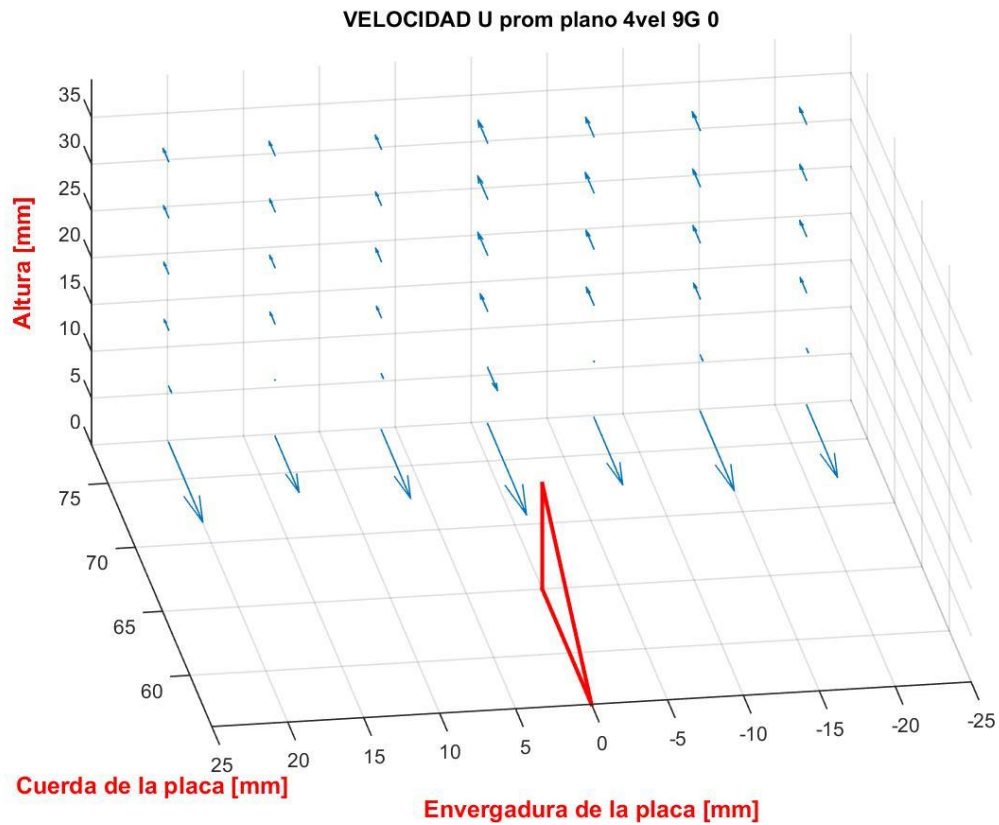


Figura 74: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G0°

↑ 8,2719	↑ 8,3044	↑ 8,3106	↑ 8,4657	↑ 8,4102	↑ 8,3722	↑ 8,3566	40
↑ 8,2823	↑ 8,2986	↑ 8,2995	↑ 8,4793	↑ 8,4162	↑ 8,3974	↑ 8,359	34
↑ 8,2595	↑ 8,2686	↑ 8,2873	↑ 8,4912	↑ 8,4355	↑ 8,3725	↑ 8,3409	28
↑ 8,2481	↑ 8,2682	↑ 8,2825	↑ 8,4865	↑ 8,397	↑ 8,365	↑ 8,342	22
↑ 8,2276	↑ 8,25	↑ 8,2406	↑ 8,3743	↑ 8,3807	↑ 8,3329	↑ 8,32	16
↑ 7,8684	↑ 7,9987	↑ 7,9013	↑ 7,5151	↑ 7,9934	↑ 7,8792	↑ 7,9211	10
↑ 6,3094	↑ 6,8111	↑ 6,5512	↑ 6,0717	↑ 6,5741	↑ 6,3166	↑ 6,4659	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 40: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G0°

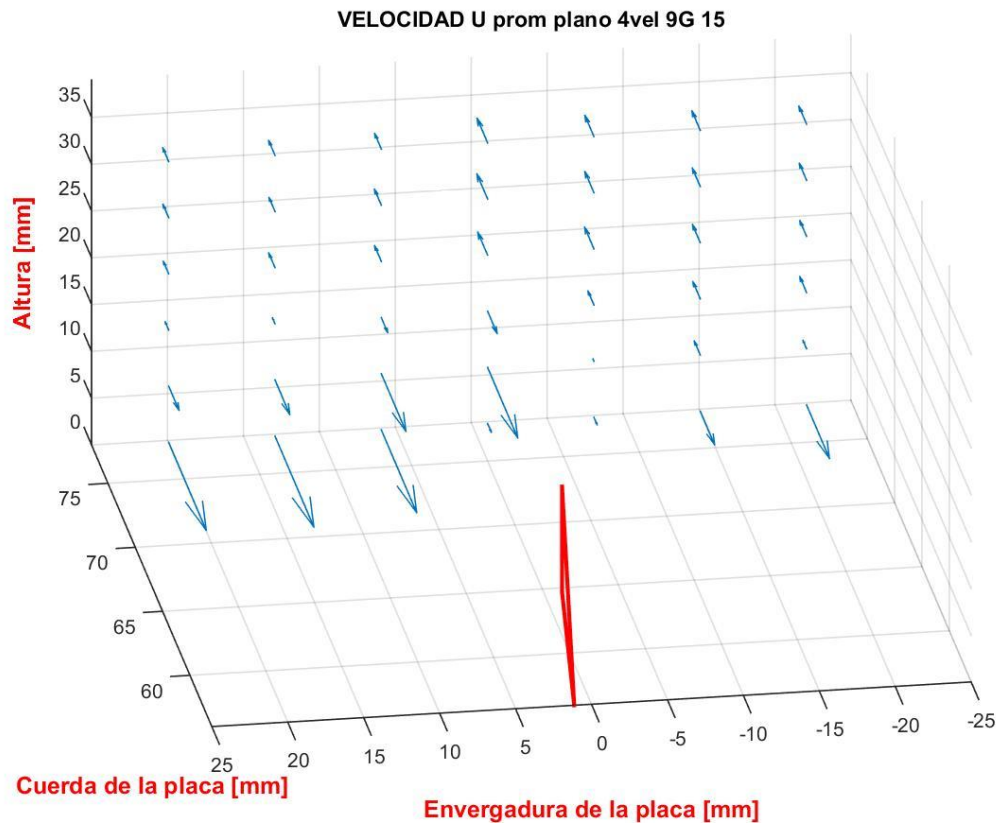


Figura 75: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G15°

↑ 8,9196	↑ 8,9447	↑ 8,9768	↑ 9,1458	↑ 9,0903	↑ 9,0499	↑ 9,0047	40
↑ 8,9014	↑ 8,9295	↑ 8,9488	↑ 9,1714	↑ 9,0859	↑ 9,0459	↑ 9,0078	34
↑ 8,8926	↑ 8,909	↑ 8,9624	↑ 9,183	↑ 9,0873	↑ 9,0212	↑ 8,9827	28
↑ 8,8696	↑ 8,9236	↑ 8,9503	↑ 9,131	↑ 9,098	↑ 9,0111	↑ 8,9543	22
↑ 8,76	↑ 8,7064	↑ 8,1874	↑ 8,0053	↑ 8,9094	↑ 8,9872	↑ 8,9562	16
↑ 7,9585	↑ 7,6984	↑ 7,1258	↑ 6,809	↑ 8,617	↑ 8,9064	↑ 8,7663	10
↑ 6,3716	↑ 6,2947	↑ 6,5004	↑ 8,3481	↑ 8,3746	↑ 7,7232	↑ 7,2264	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 41: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G15°

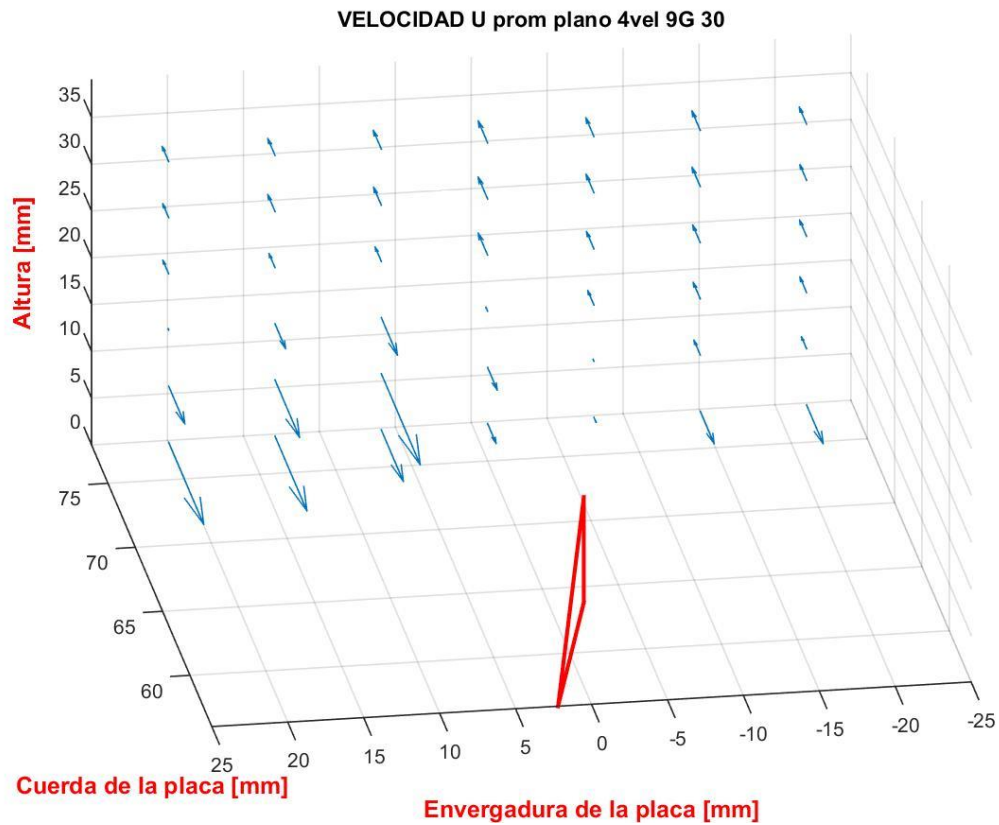


Figura 76: Componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G30°

↑ 8,8433	↑ 8,8798	↑ 8,9029	↑ 8,9883	↑ 8,9371	↑ 8,9753	↑ 8,8878	40
↑ 8,8299	↑ 8,8716	↑ 8,9297	↑ 9,0212	↑ 8,9332	↑ 8,9514	↑ 8,8802	34
↑ 8,794	↑ 8,8783	↑ 8,9111	↑ 9,0211	↑ 8,9196	↑ 8,9484	↑ 8,8426	28
↑ 8,7841	↑ 8,7955	↑ 8,8064	↑ 9,0237	↑ 8,8917	↑ 8,8983	↑ 8,8634	22
↑ 8,4365	↑ 7,695	↑ 7,3347	↑ 8,5133	↑ 8,8078	↑ 8,8675	↑ 8,8419	16
↑ 7,3314	↑ 6,7699	↑ 5,818	↑ 7,7602	↑ 8,4508	↑ 8,8159	↑ 8,7359	10
↑ 6,0757	↑ 6,2794	↑ 6,9376	↑ 7,8382	↑ 8,2602	↑ 7,477	↑ 7,2962	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 42: Valores en m/seg de la componente longitudinal de velocidad media P4 Vel9m/s G30°

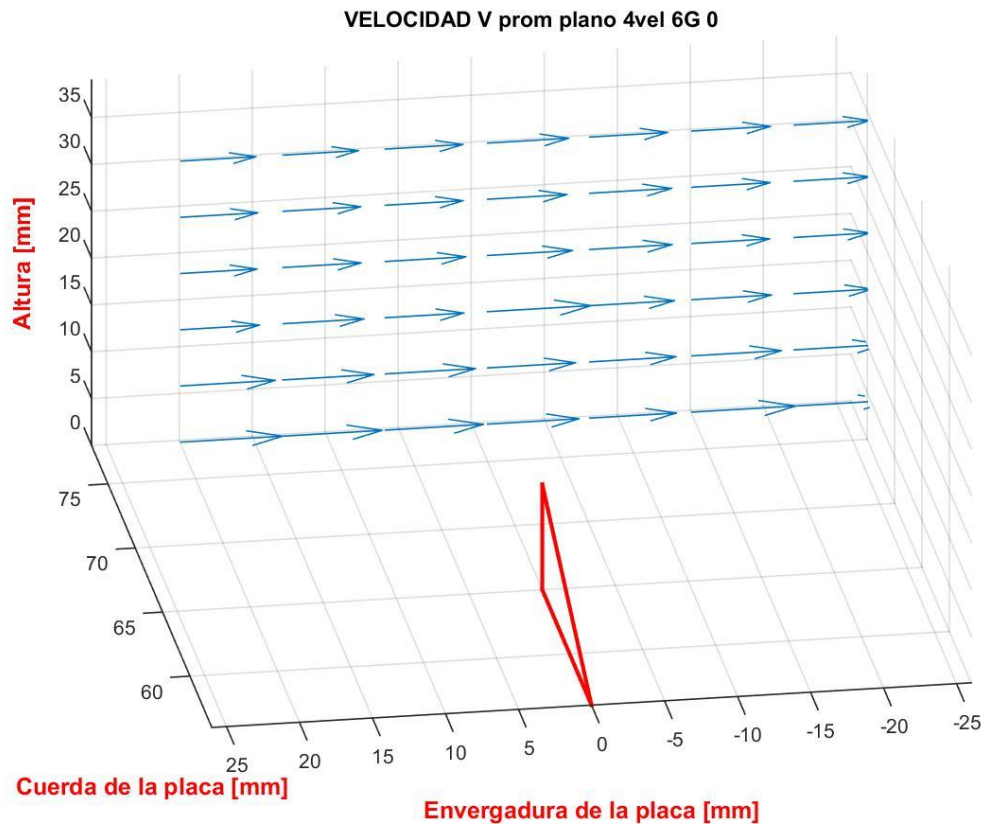


Figura 77: Componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G0°

↓ -0,23273	↓ -0,23437	↓ -0,2432	↓ -0,24091	↓ -0,24296	↓ -0,23776	↓ -0,23123	40
↓ -0,23444	↓ -0,23545	↓ -0,24223	↓ -0,25399	↓ -0,24343	↓ -0,24506	↓ -0,23642	34
↓ -0,24035	↓ -0,24257	↓ -0,24283	↓ -0,24793	↓ -0,25583	↓ -0,24404	↓ -0,23667	28
↓ -0,23754	↓ -0,2437	↓ -0,25107	↓ -0,26572	↓ -0,25745	↓ -0,24285	↓ -0,23866	22
↓ -0,24529	↓ -0,2529	↓ -0,24547	↓ -0,32496	↓ -0,26453	↓ -0,24811	↓ -0,24429	16
↓ -0,29543	↓ -0,28424	↓ -0,282	↓ -0,27482	↓ -0,26985	↓ -0,27964	↓ -0,28155	10
↓ -0,31854	↓ -0,31007	↓ -0,30646	↓ -0,28573	↓ -0,27085	↓ -0,32485	↓ -0,30906	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 43: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G0°

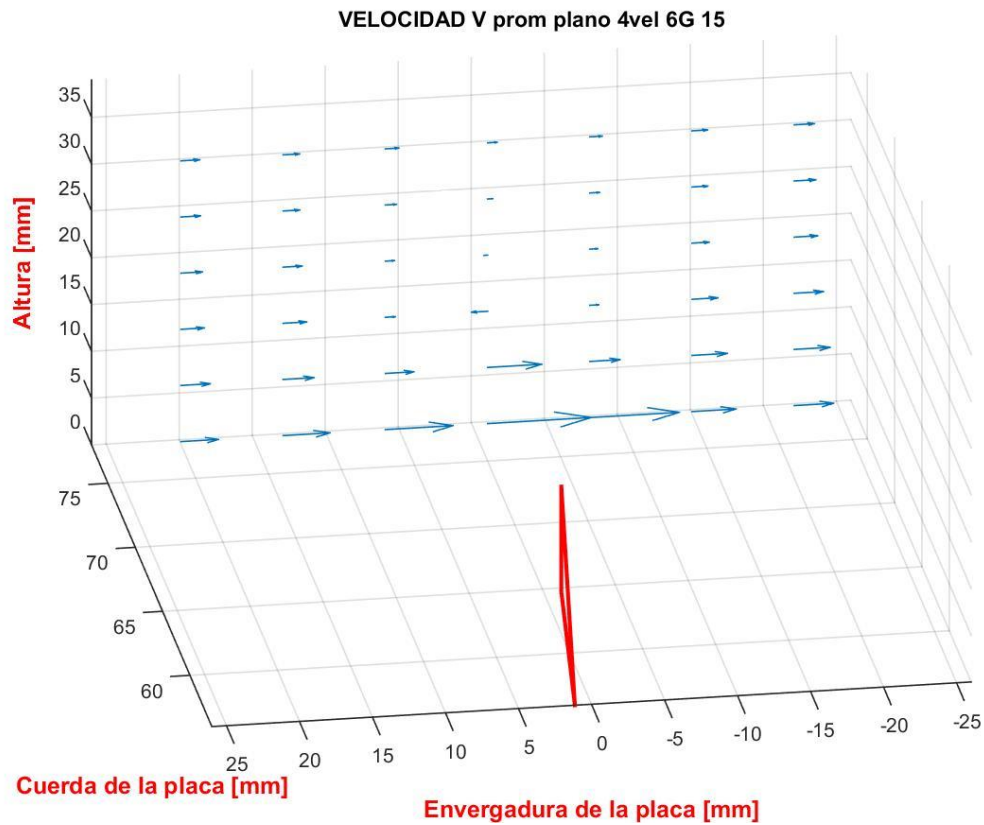


Figura 78: Componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G15°

↓ -0,20821	↓ -0,19091	↓ -0,17178	↓ -0,14505	↓ -0,16043	↓ -0,17912	↓ -0,23431	40
↓ -0,21992	↓ -0,19283	↓ -0,1584	↓ -0,11238	↓ -0,14545	↓ -0,18252	↓ -0,23776	34
↓ -0,23127	↓ -0,19487	↓ -0,12975	↓ -0,06068	↓ -0,1141	↓ -0,18518	↓ -0,25313	28
↓ -0,25304	↓ -0,22258	↓ -0,10641	↑ 0,042301	↓ -0,09272	↓ -0,20117	↓ -0,27619	22
↓ -0,27549	↓ -0,2768	↓ -0,1157	↑ 0,18865	↓ -0,1043	↓ -0,30321	↓ -0,3434	16
↓ -0,34517	↓ -0,36419	↓ -0,33465	↓ -0,63666	↓ -0,35578	↓ -0,41517	↓ -0,42282	10
↓ -0,44045	↓ -0,55074	↓ -0,79532	↓ -1,2207	↓ -1,0524	↓ -0,51759	↓ -0,4623	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 44: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G15°

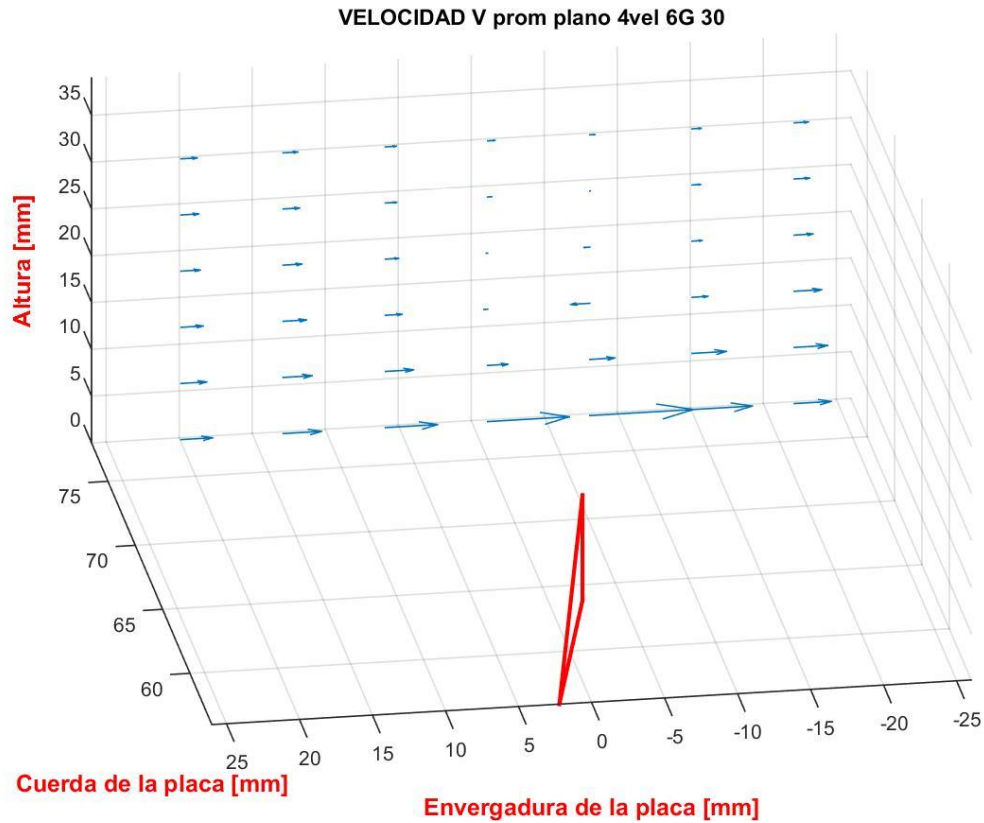


Figura 79: Componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G30°

↓ -0,22264	↓ -0,19622	↓ -0,16941	↓ -0,13677	↓ -0,11624	↓ -0,15676	↓ -0,19352	40
↓ -0,23269	↓ -0,21018	↓ -0,15784	↓ -0,10678	↓ -0,07157	↓ -0,13202	↓ -0,20251	34
↓ -0,25439	↓ -0,23624	↓ -0,16188	↓ -0,05843	↓ -0,00659	↓ -0,12319	↓ -0,21943	28
↓ -0,2773	↓ -0,26868	↓ -0,19058	↑ 0,019985	↑ 0,085448	↓ -0,14351	↓ -0,26884	22
↓ -0,32051	↓ -0,33533	↓ -0,23897	↑ 0,054216	↑ 0,27717	↓ -0,22834	↓ -0,393	16
↓ -0,36979	↓ -0,41511	↓ -0,40416	↓ -0,29217	↓ -0,36134	↓ -0,49367	↓ -0,47804	10
↓ -0,45387	↓ -0,55281	↓ -0,74886	↓ -1,1737	↓ -1,4907	↓ -0,86509	↓ -0,52967	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 45: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel6m/s G30°

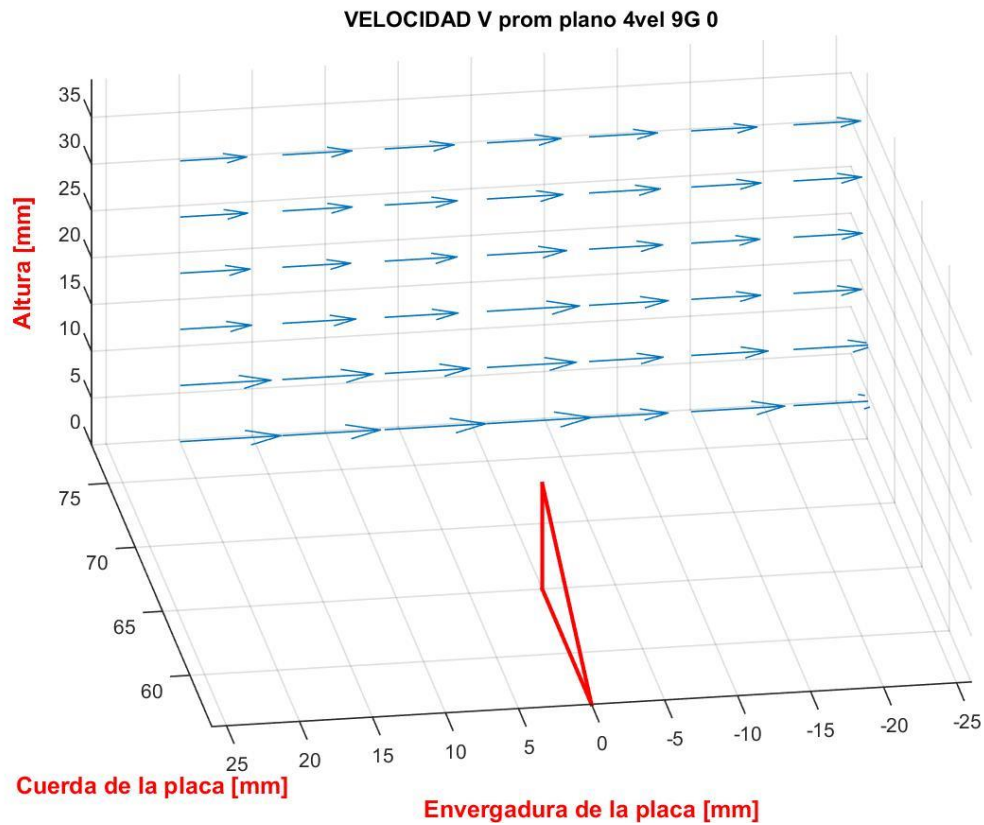


Figura 80: Componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G0°

↓ -0,26918	↓ -0,27852	↓ -0,27196	↓ -0,28371	↓ -0,27224	↓ -0,27031	↓ -0,2632	40
↓ -0,26972	↓ -0,28216	↓ -0,28234	↓ -0,30109	↓ -0,27741	↓ -0,26637	↓ -0,27206	34
↓ -0,27363	↓ -0,28305	↓ -0,29478	↓ -0,30963	↓ -0,2893	↓ -0,28301	↓ -0,27636	28
↓ -0,28379	↓ -0,27738	↓ -0,29413	↓ -0,32404	↓ -0,29896	↓ -0,278	↓ -0,27893	22
↓ -0,29015	↓ -0,2981	↓ -0,29823	↓ -0,37729	↓ -0,32187	↓ -0,28182	↓ -0,27583	16
↓ -0,37009	↓ -0,36968	↓ -0,34583	↓ -0,36423	↓ -0,3007	↓ -0,31199	↓ -0,34285	10
↓ -0,41109	↓ -0,3991	↓ -0,41287	↓ -0,42691	↓ -0,32089	↓ -0,38013	↓ -0,40938	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 46: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G0°



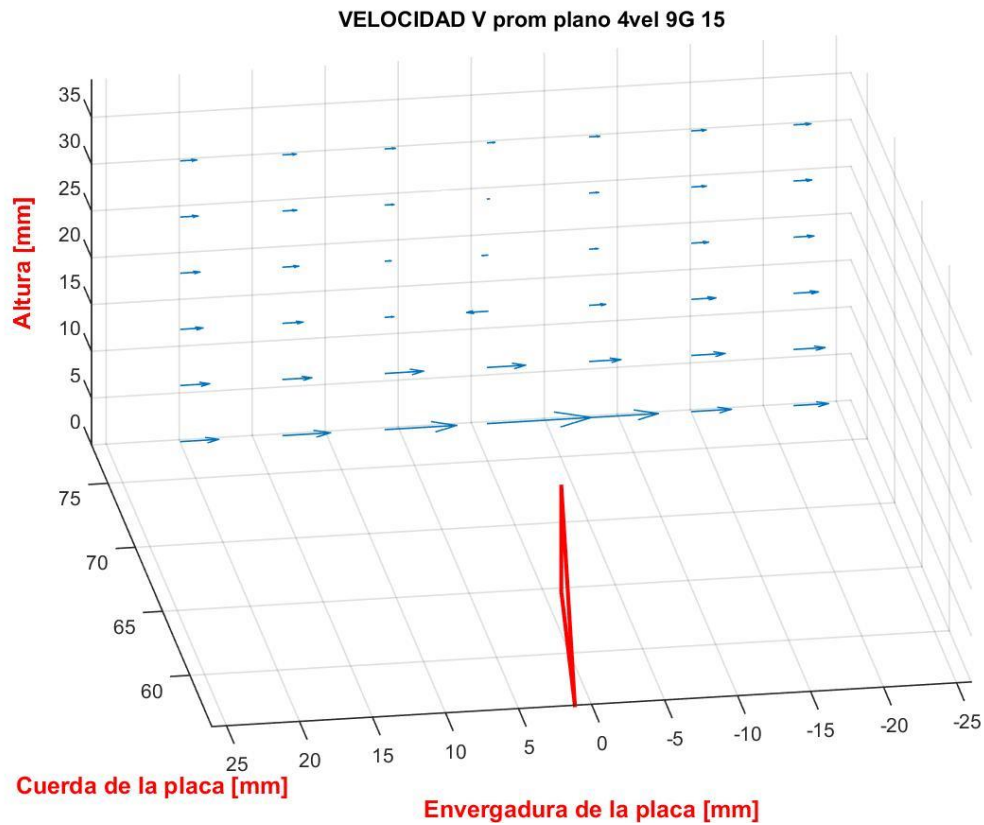


Figura 81: Componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G15°

↓ -0,25912	↓ -0,23768	↓ -0,19365	↓ -0,18113	↓ -0,19315	↓ -0,24118	↓ -0,27563	40
↓ -0,27686	↓ -0,23171	↓ -0,17514	↓ -0,12693	↓ -0,17361	↓ -0,24599	↓ -0,29414	34
↓ -0,30102	↓ -0,24088	↓ -0,15068	↓ -0,02941	↓ -0,15438	↓ -0,2522	↓ -0,30637	28
↓ -0,33523	↓ -0,2739	↓ -0,10041	↑ 0,096395	↓ -0,14615	↓ -0,29145	↓ -0,3465	22
↓ -0,39045	↓ -0,35125	↓ -0,14828	↑ 0,37116	↓ -0,28045	↓ -0,42121	↓ -0,42536	16
↓ -0,50696	↓ -0,50621	↓ -0,67583	↓ -0,67143	↓ -0,54861	↓ -0,58779	↓ -0,54435	10
↓ -0,66929	↓ -0,83843	↓ -1,264	↓ -1,8421	↓ -1,2164	↓ -0,69743	↓ -0,60546	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 47: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G15°

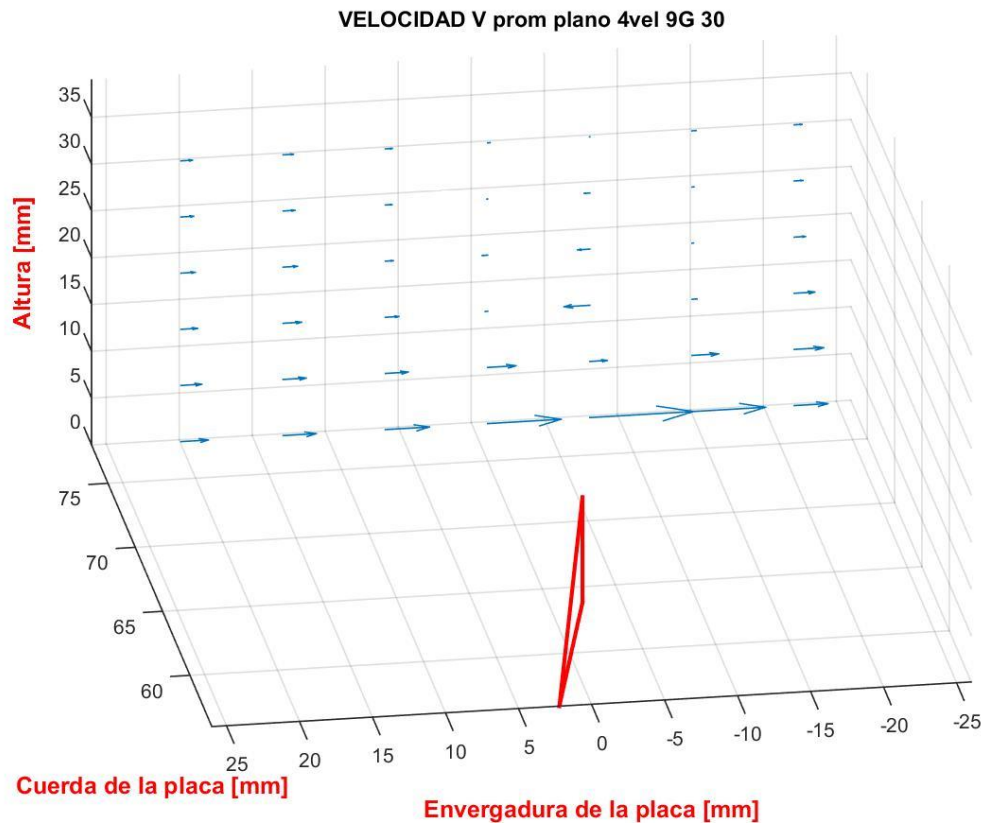


Figura 82: Componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G30°

↓ -0,24363	↓ -0,22629	↓ -0,16633	↓ -0,10378	↓ -0,07235	↓ -0,13128	↓ -0,17637	40
↓ -0,25721	↓ -0,22933	↓ -0,15286	↓ -0,05253	↑ 0,004765	↓ -0,08803	↓ -0,174	34
↓ -0,28291	↓ -0,26237	↓ -0,14711	↑ 0,01744	↑ 0,12321	↓ -0,0425	↓ -0,1934	28
↓ -0,31967	↓ -0,32049	↓ -0,17571	↑ 0,12	↑ 0,27548	↓ -0,03119	↓ -0,24972	22
↓ -0,36971	↓ -0,40875	↓ -0,29929	↑ 0,053428	↑ 0,57395	↓ -0,1081	↓ -0,45753	16
↓ -0,46357	↓ -0,51388	↓ -0,5047	↓ -0,63299	↓ -0,38851	↓ -0,58952	↓ -0,6535	10
↓ -0,6102	↓ -0,7367	↓ -0,9793	↓ -1,6375	↓ -2,3128	↓ -1,6394	↓ -0,75057	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X / Z [mm]

Tabla 48: Valores en m/seg de la componente transversal de velocidad media P4 Vel9m/s G30°

## Intensidad de la turbulencia.

A continuación se representa la intensidad de turbulencia en función de la posición en el plano. El eje horizontal corresponde a la envergadura de la placa plana donde el cero coincide con la ubicación del GV, el eje vertical corresponde a la altura respecto a la placa plana. Para diferenciar los distintos valores de la intensidad de turbulencia se la gráfica tomando como referencia una escala de colores donde el color verde representan los valores de magnitudes más grandes.

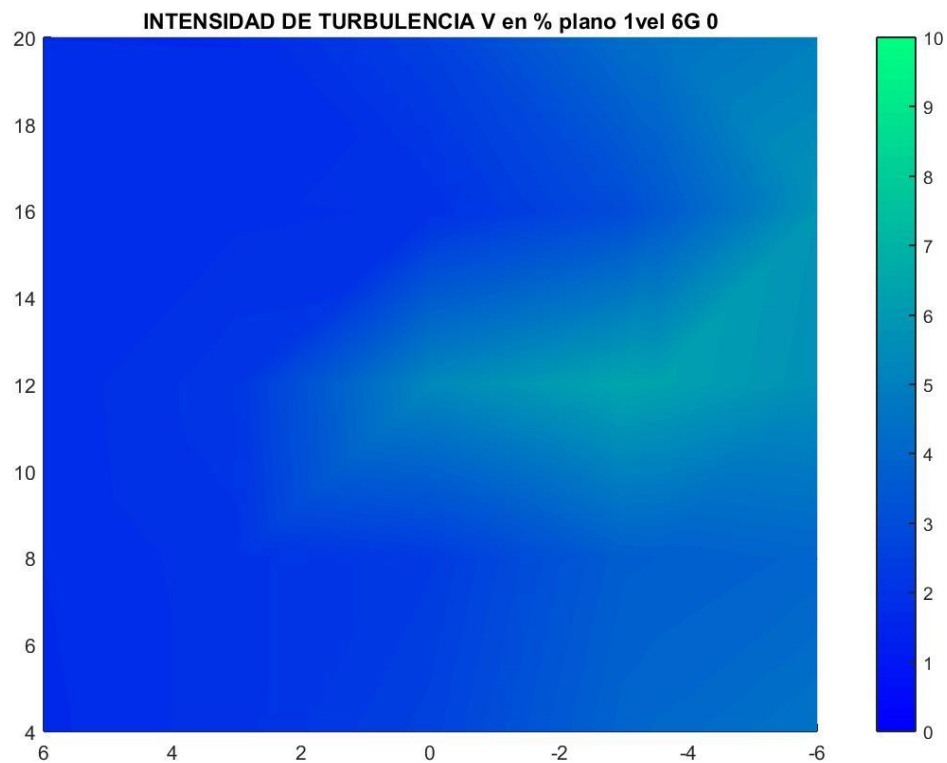


Figura 83: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

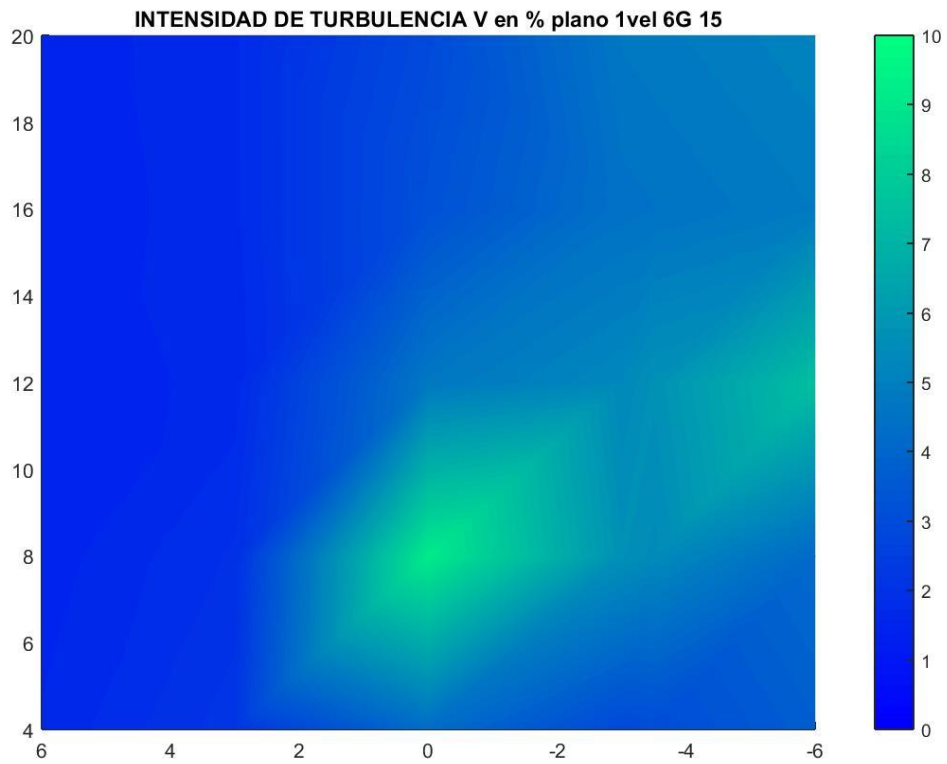


Figura 84: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

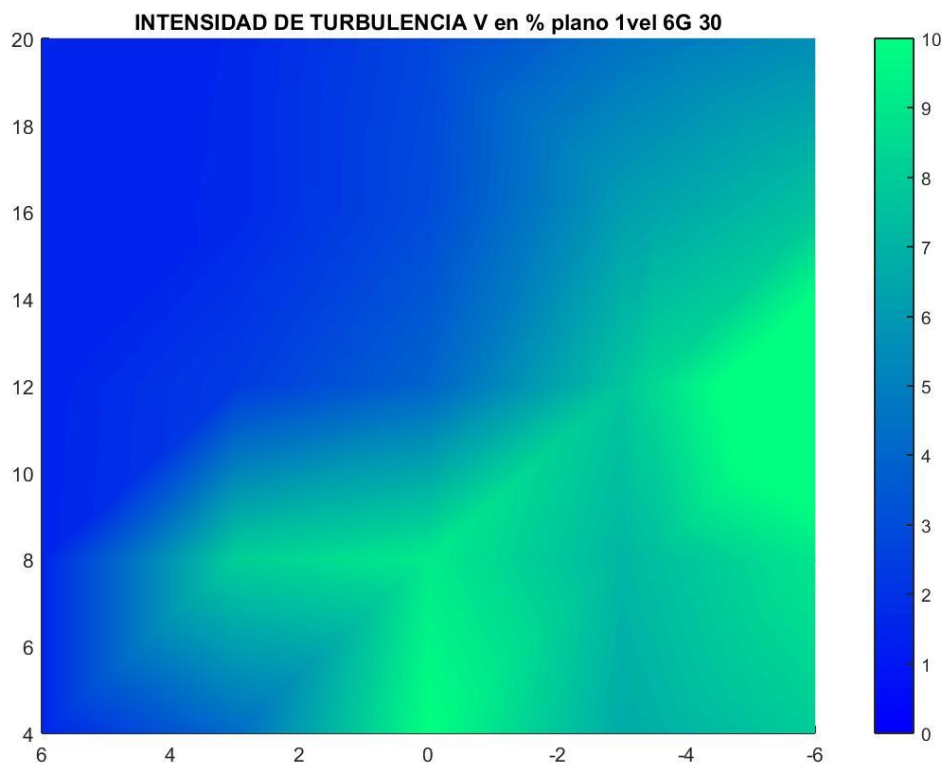


Figura 85: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

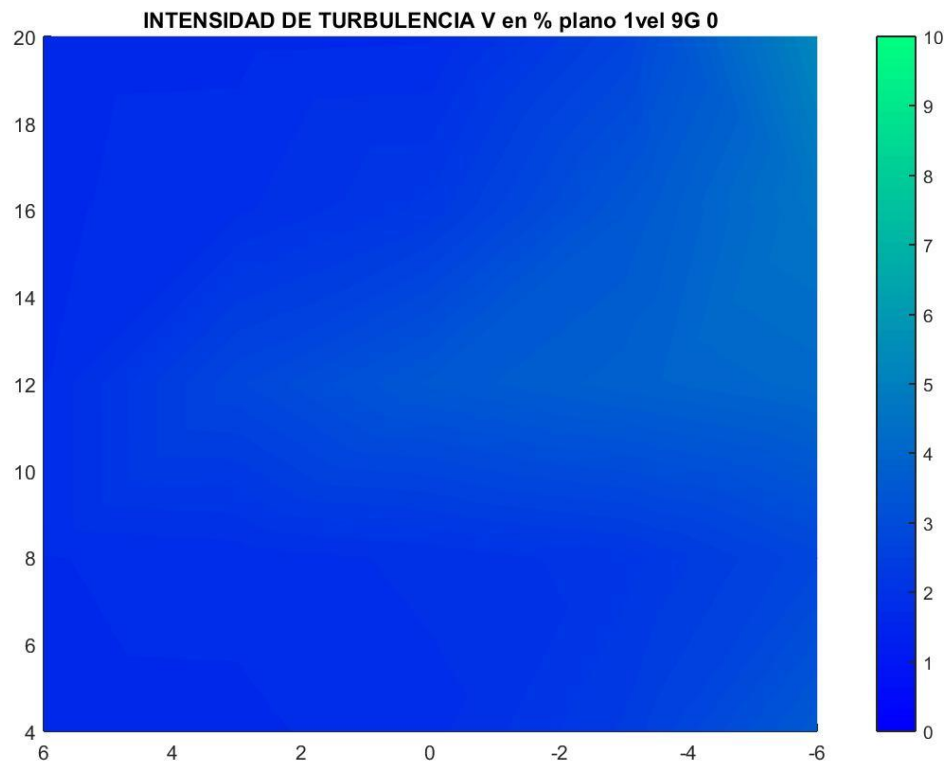


Figura 86: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

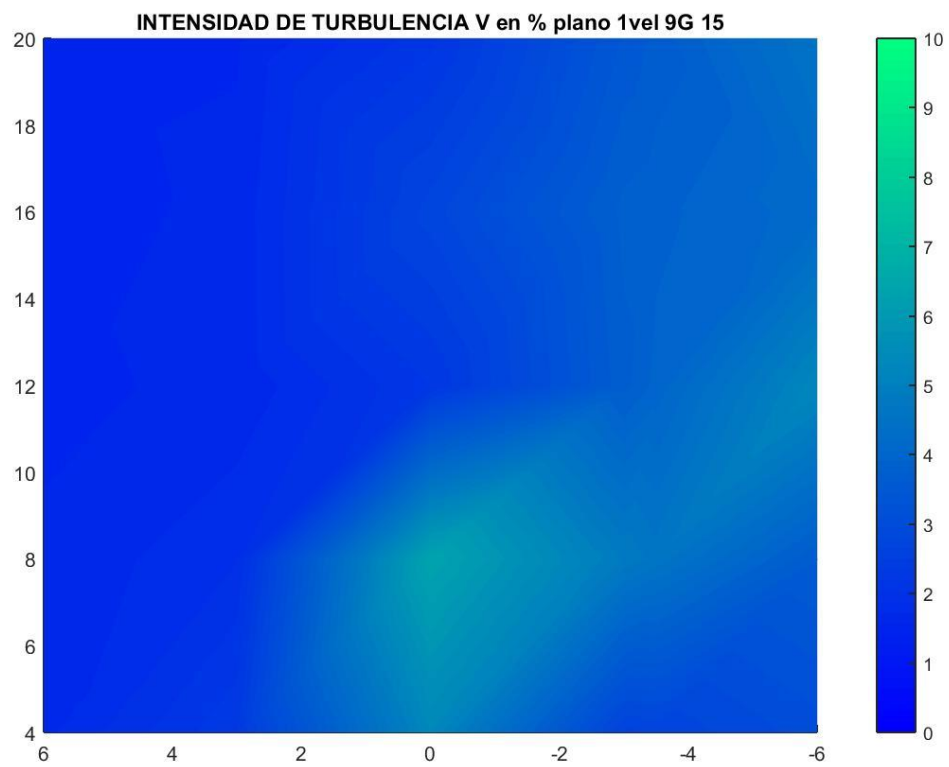


Figura 87: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

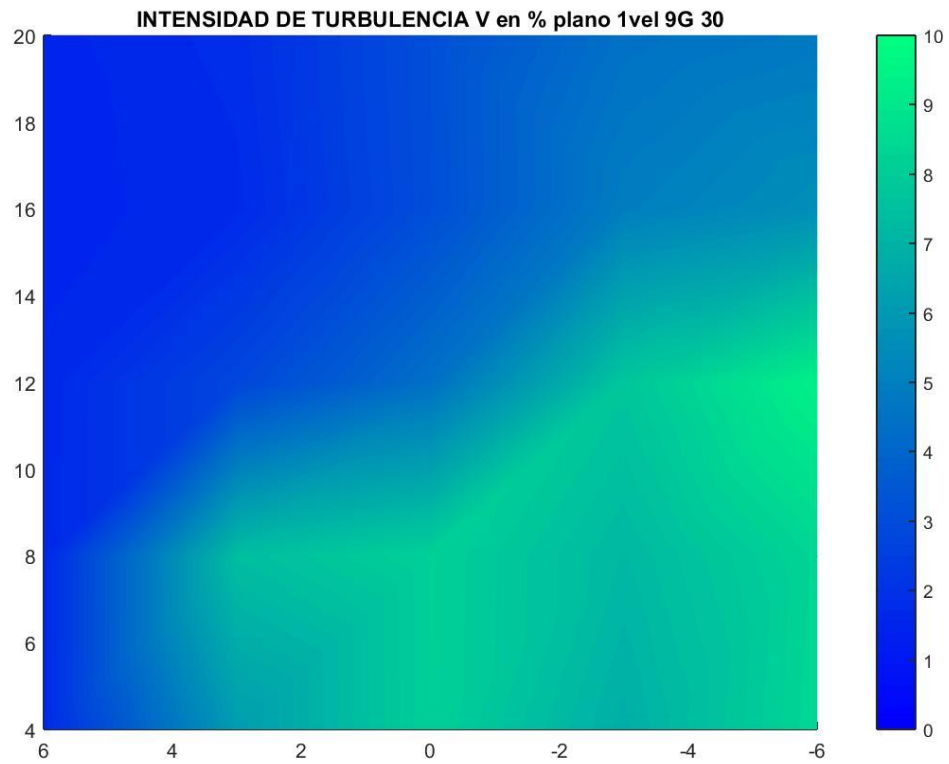


Figura 88: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

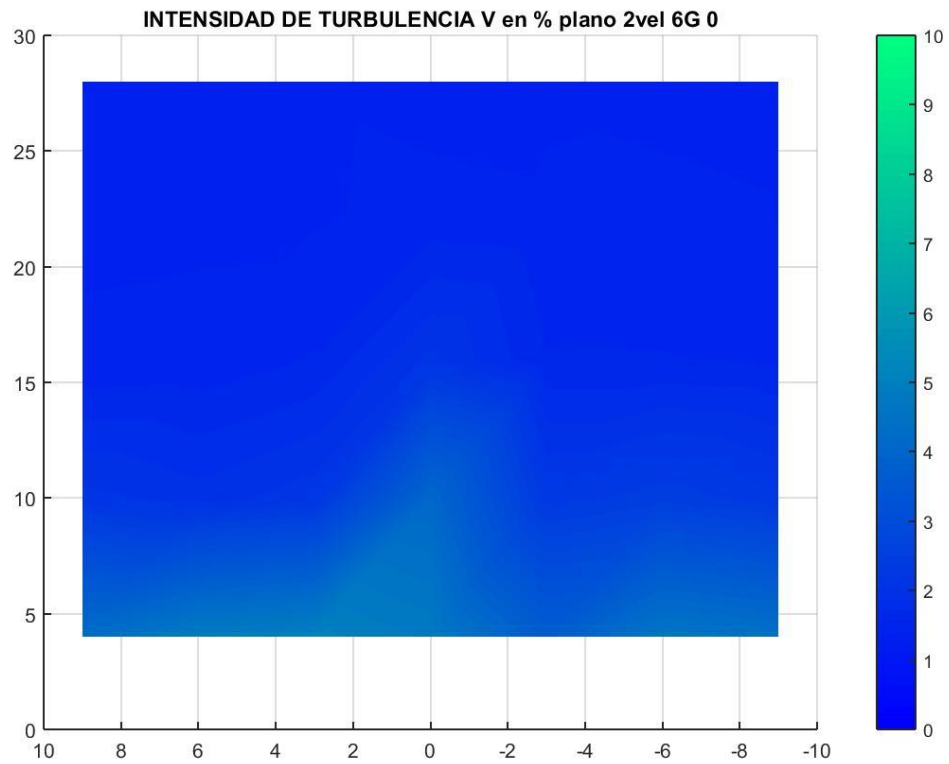


Figura 89: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

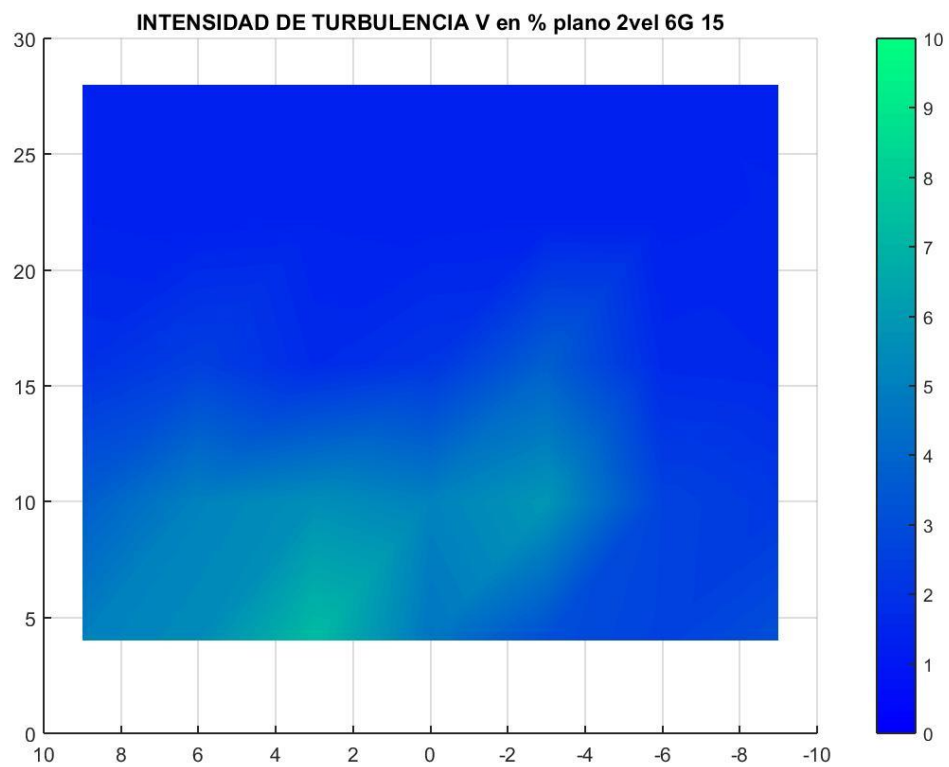


Figura 90: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

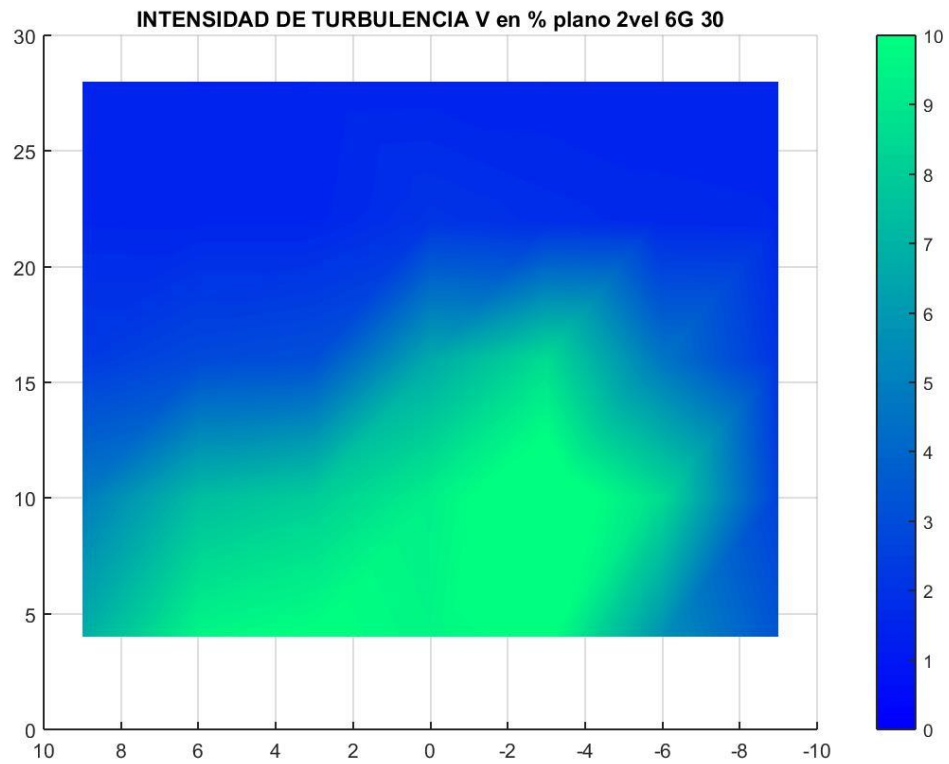


Figura 91: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

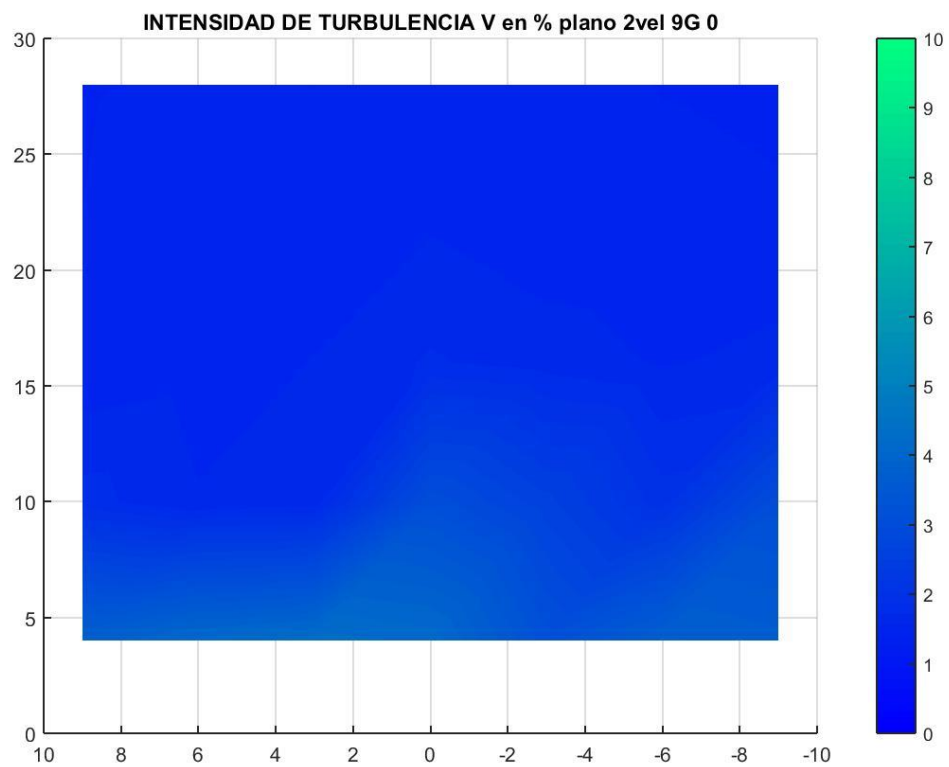


Figura 92: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])



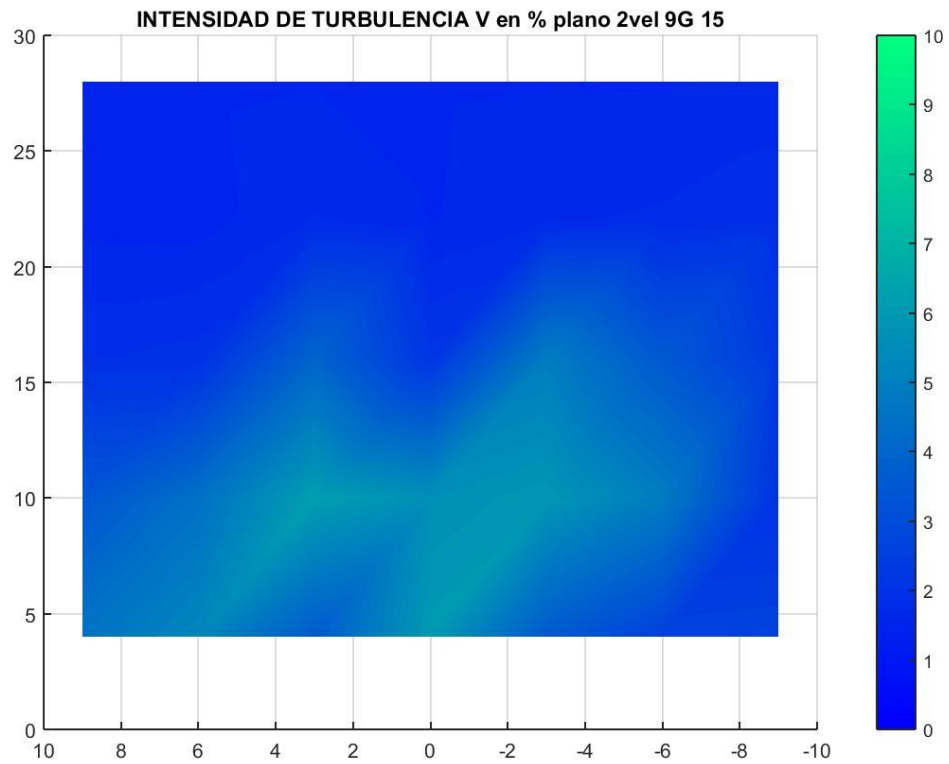


Figura 93: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

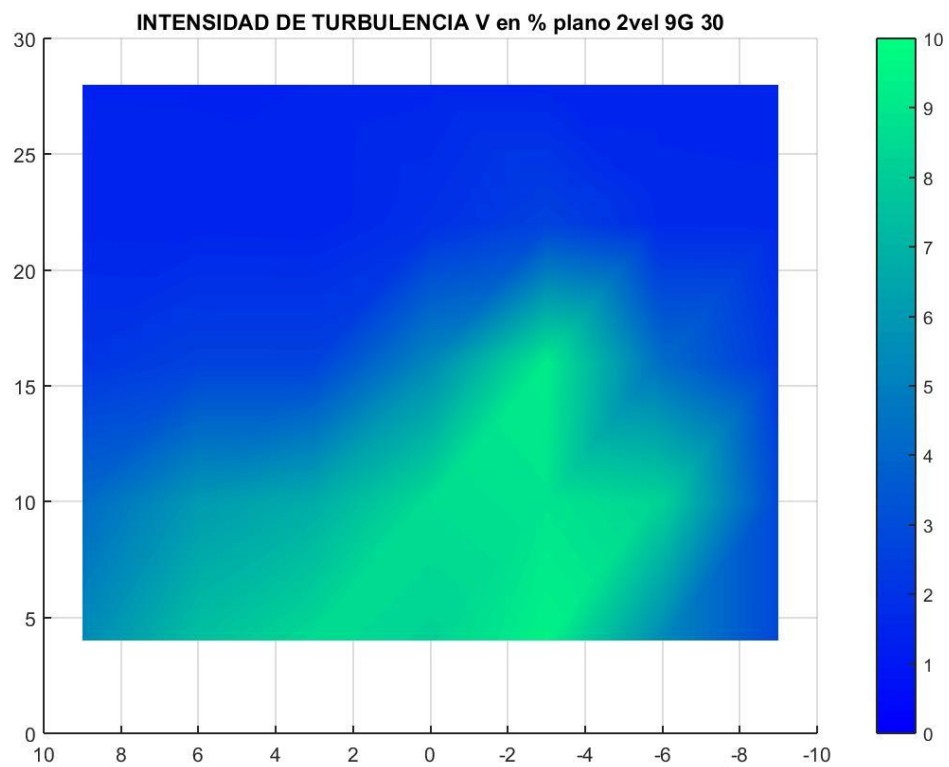


Figura 94: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

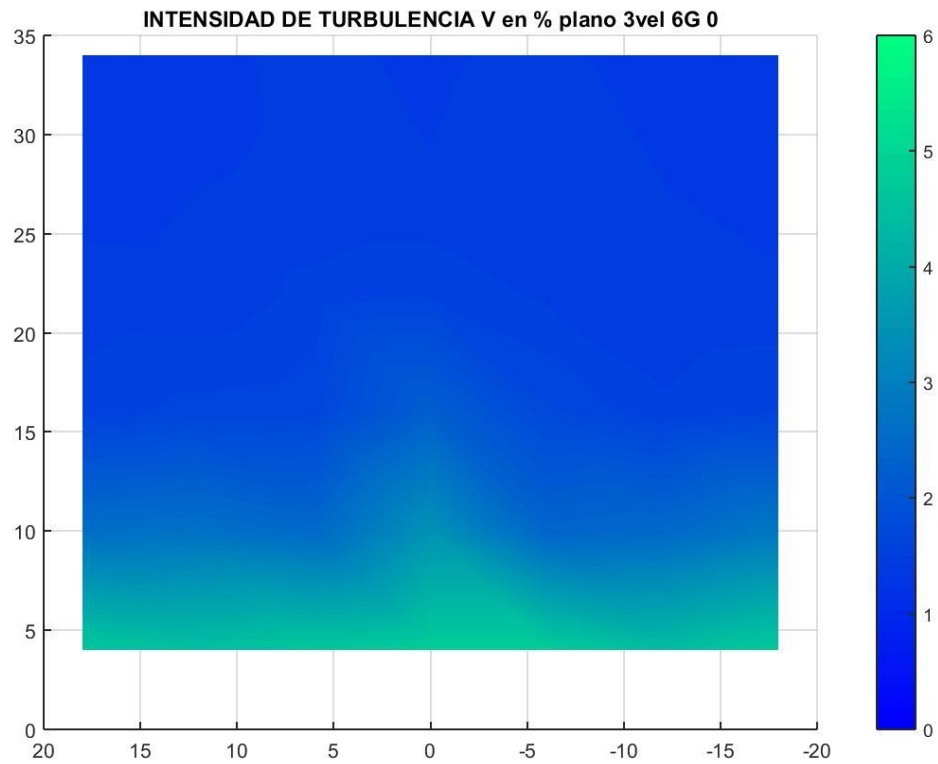


Figura 95: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

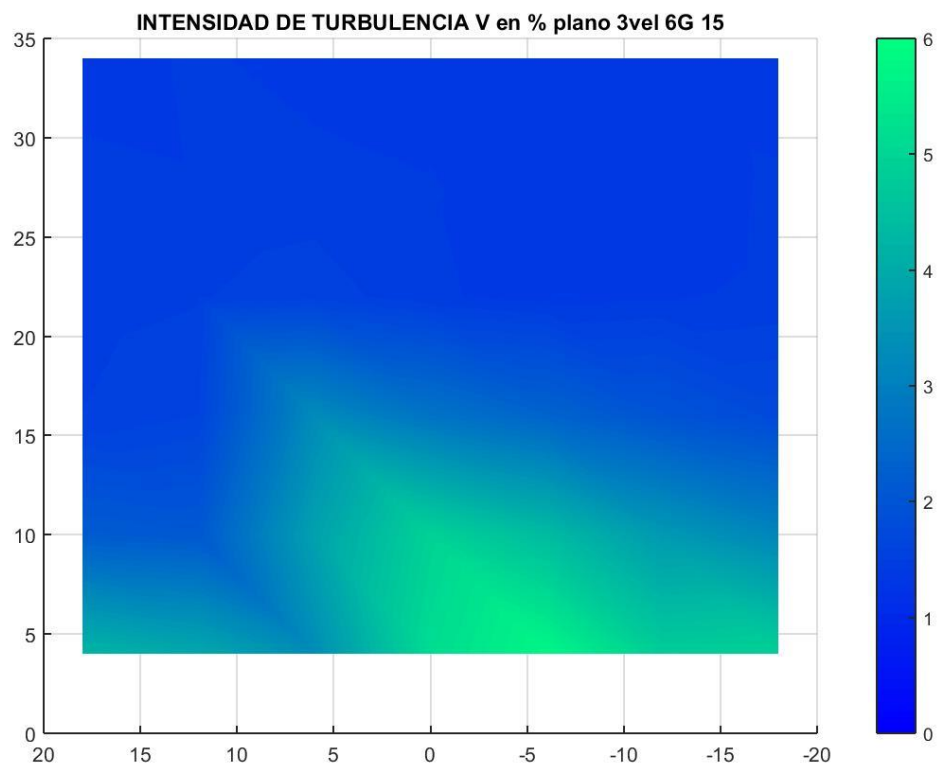


Figura 96: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

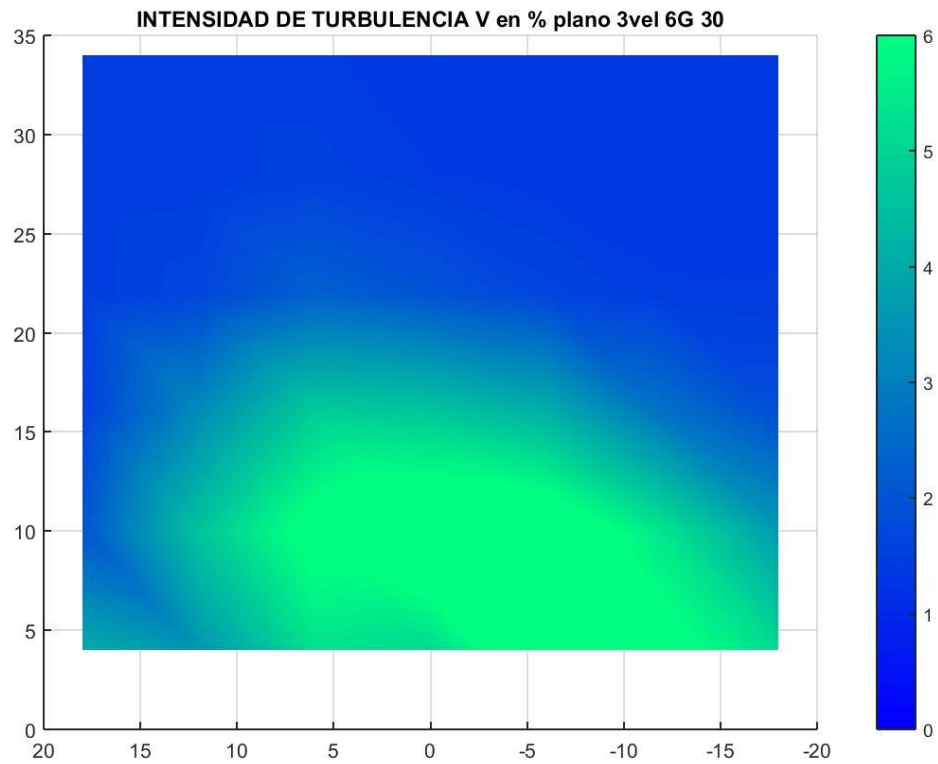


Figura 97: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

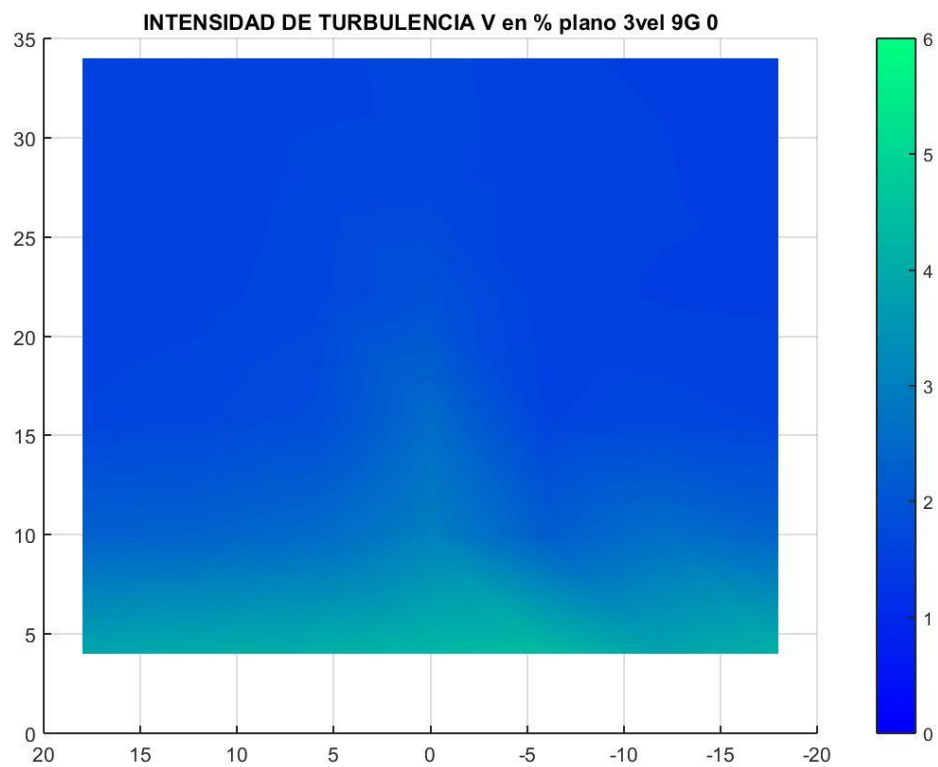


Figura 98: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

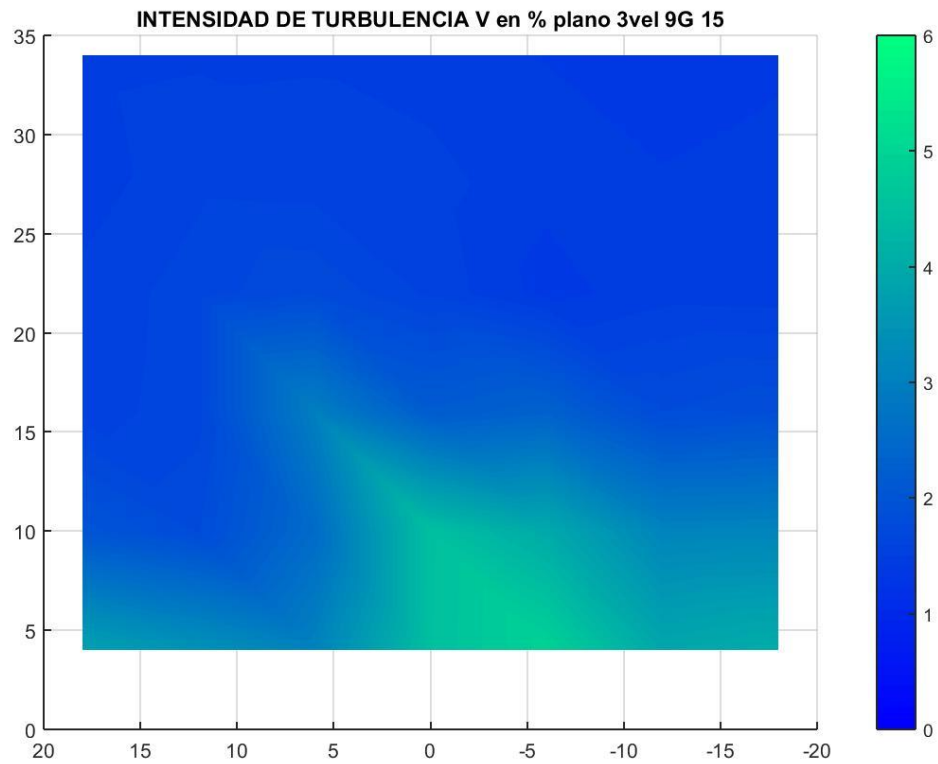


Figura 99: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

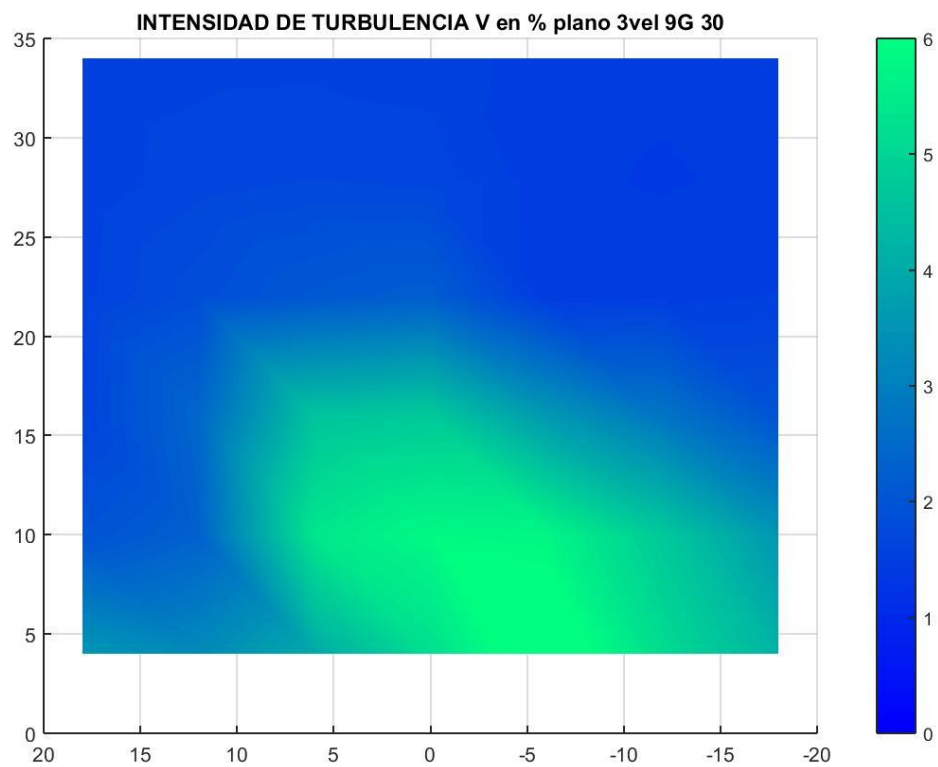


Figura 100: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

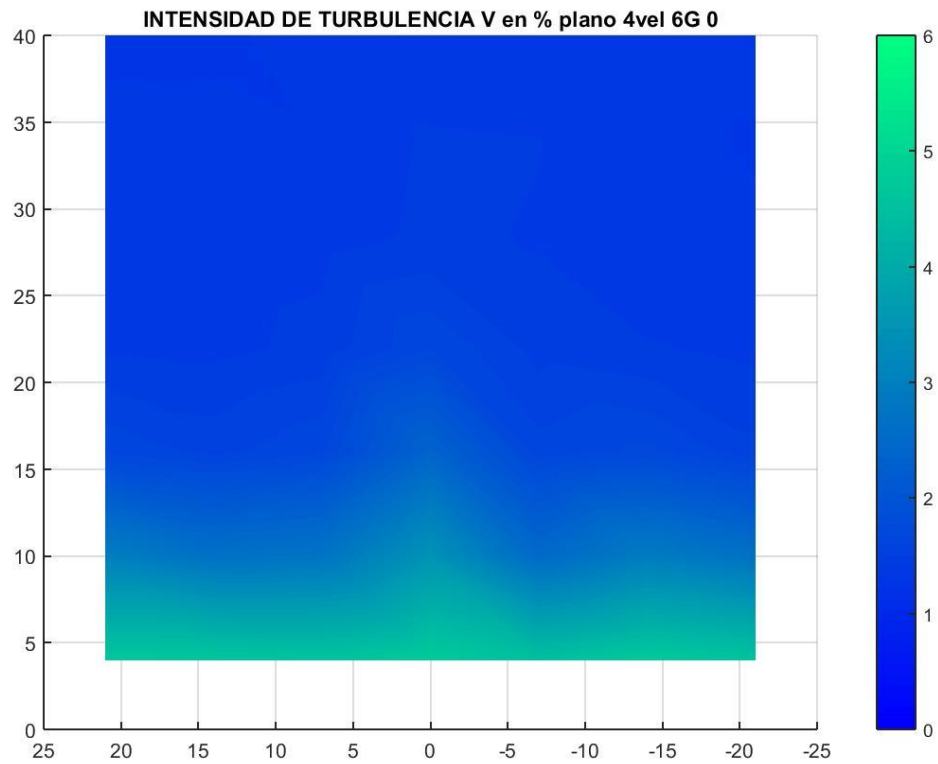


Figura 101: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

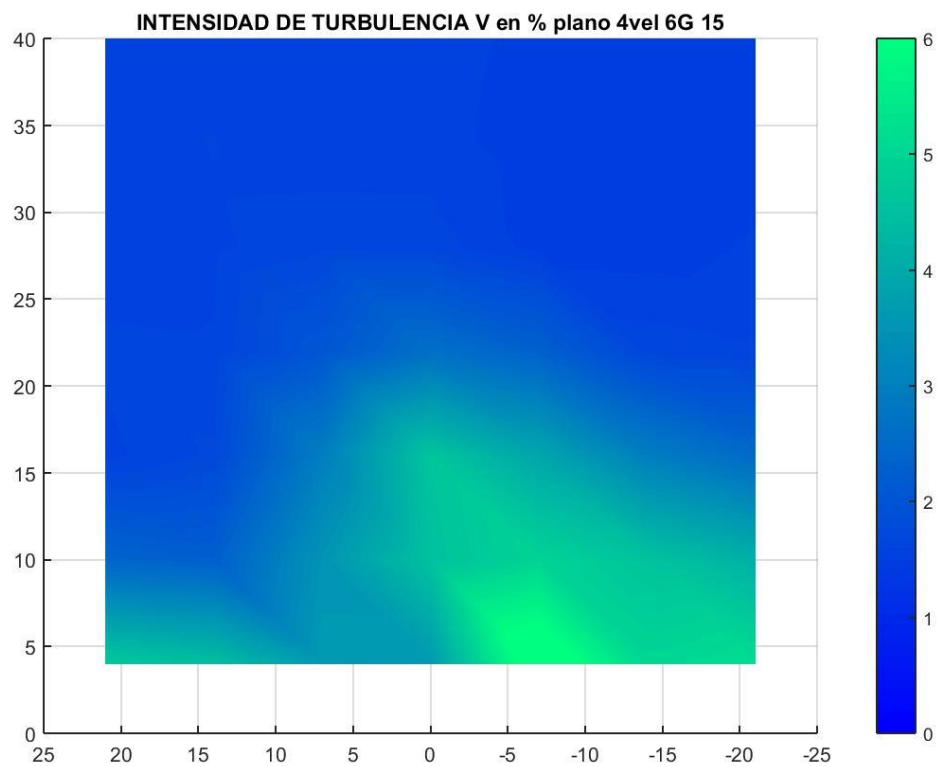


Figura 102: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

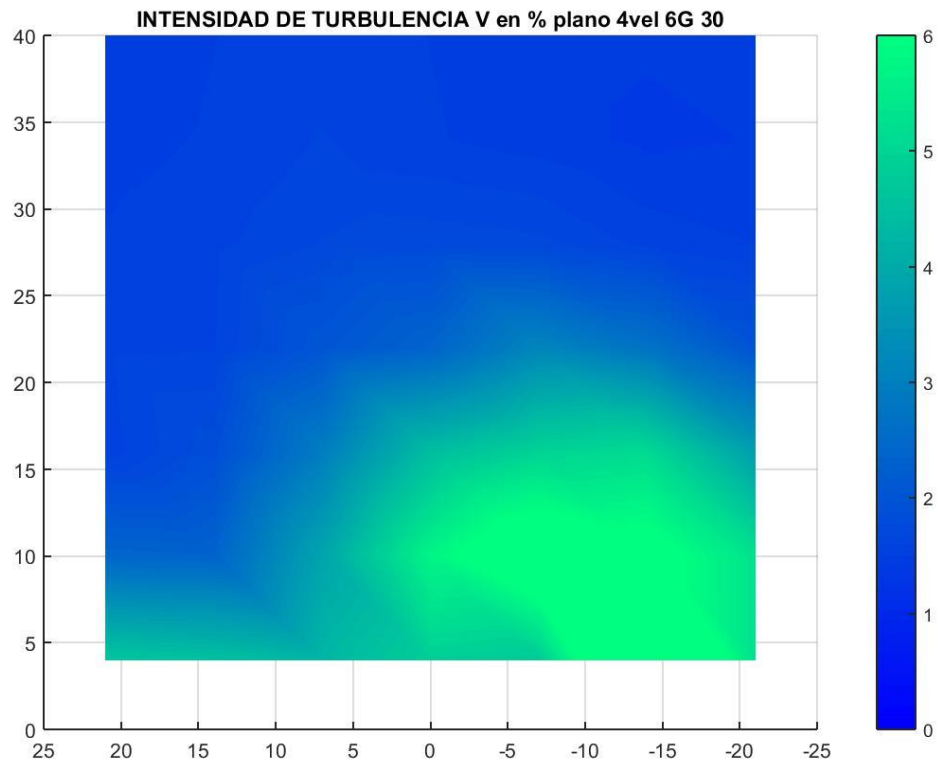


Figura 103: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

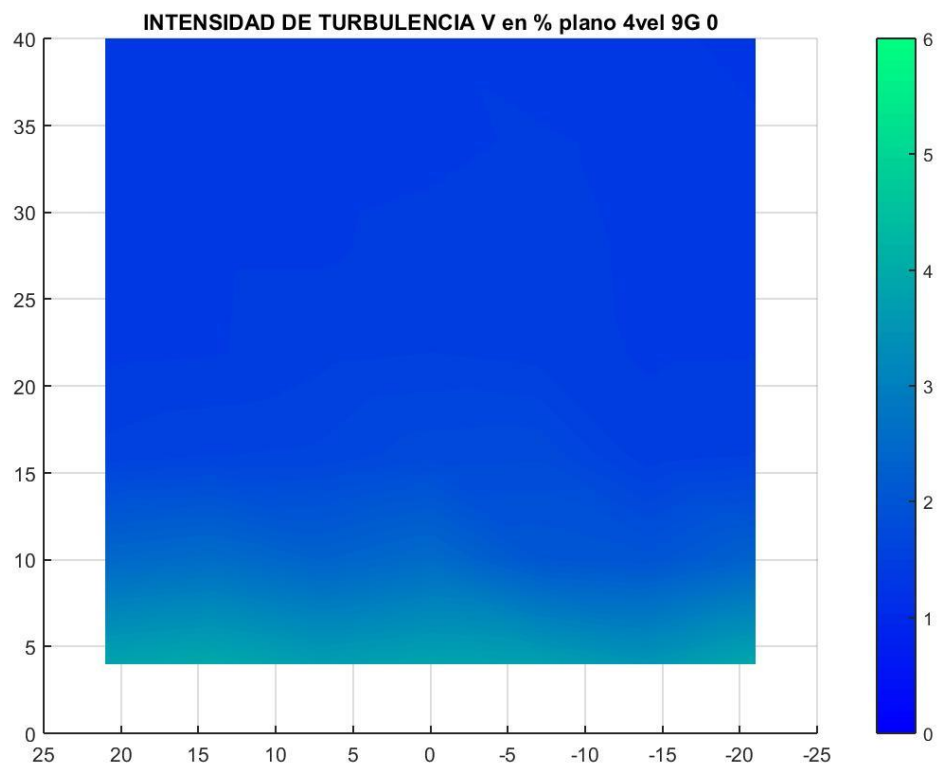


Figura 104: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

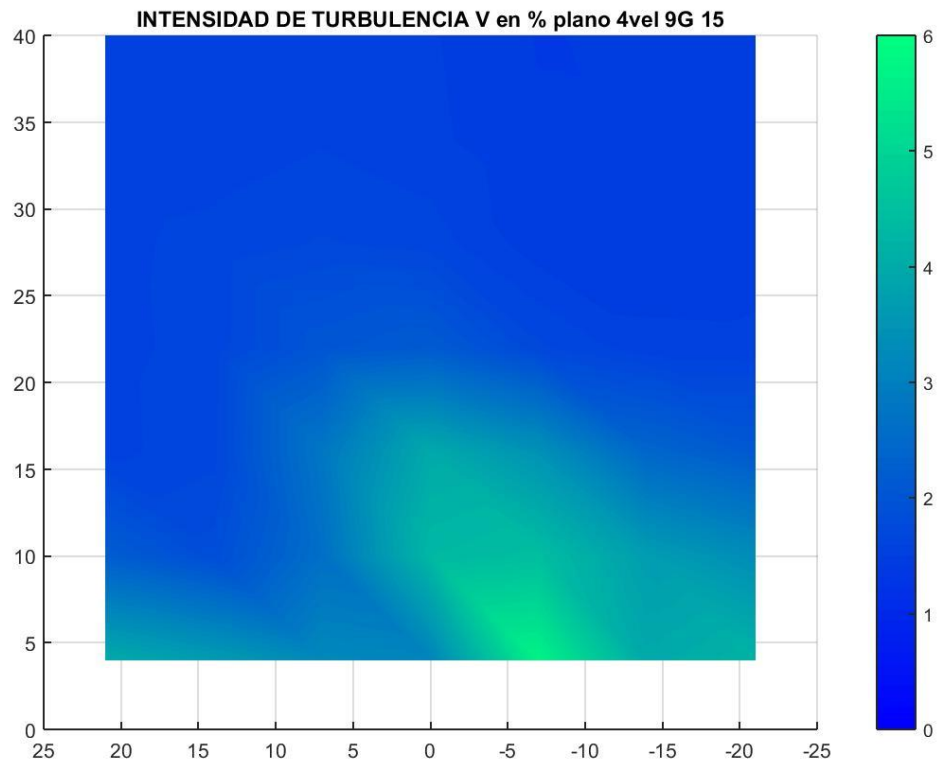


Figura 105: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

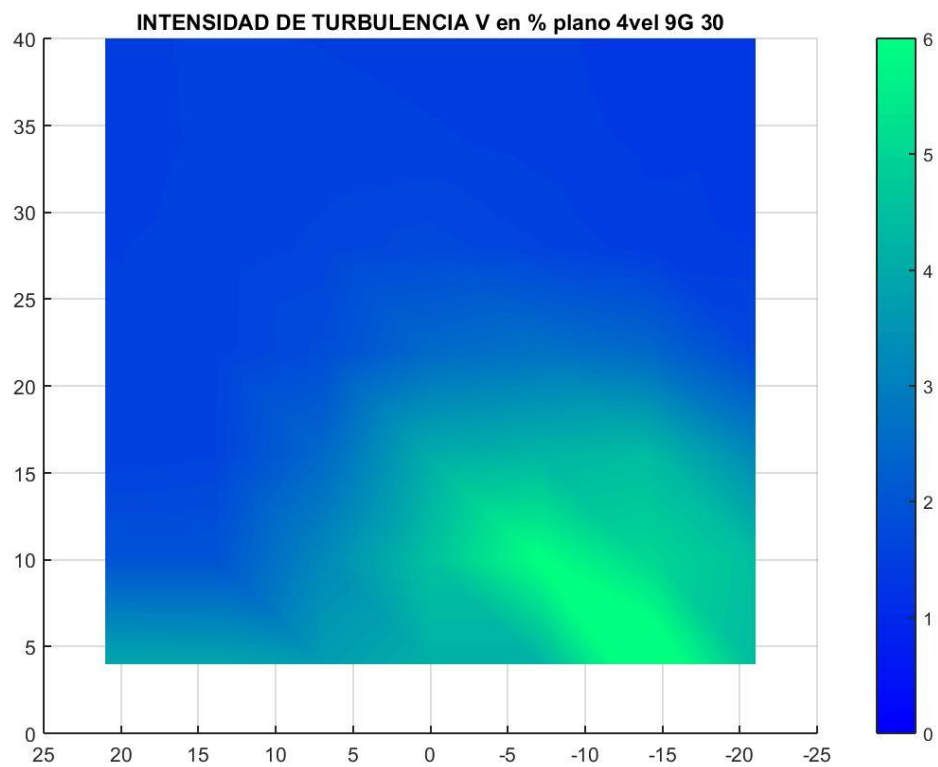


Figura 106: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

A continuación se repite la representación gráfica mostrando, a diferencia de las figuras anteriores, los valores absolutos de la intensidad de turbulencia.

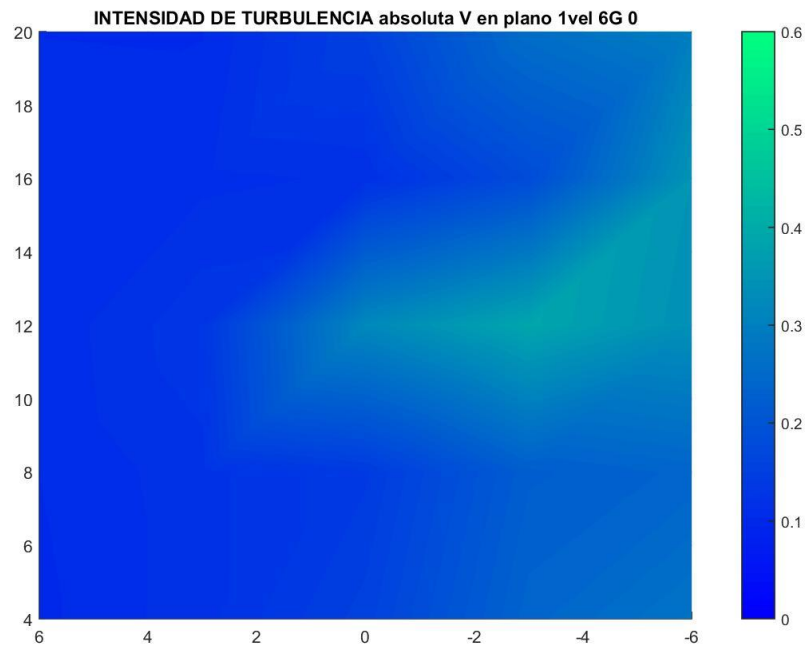


Figura 107: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

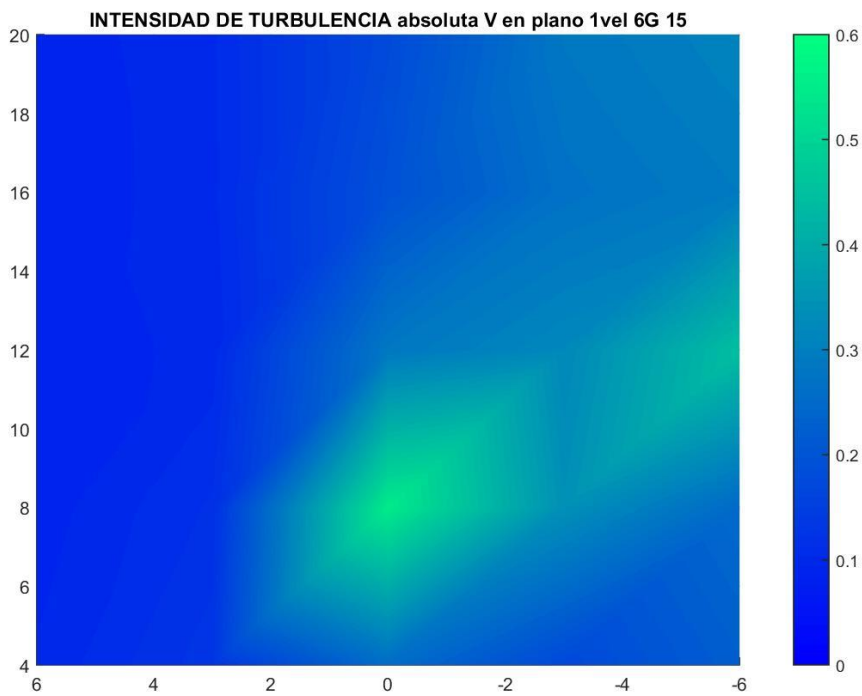


Figura 108: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])



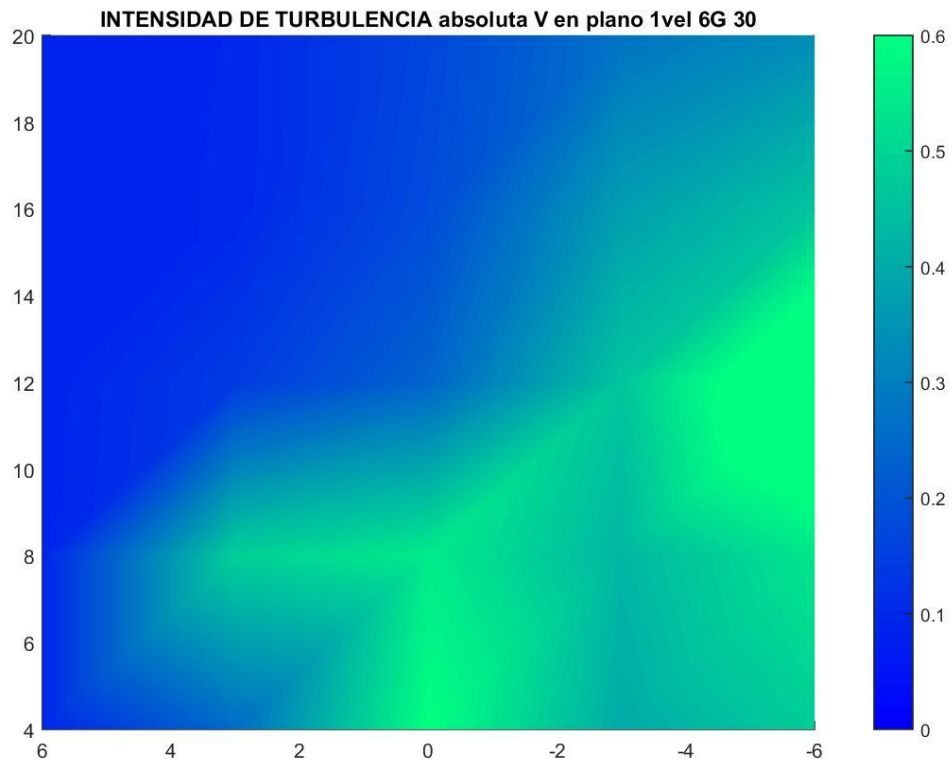


Figura 109: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

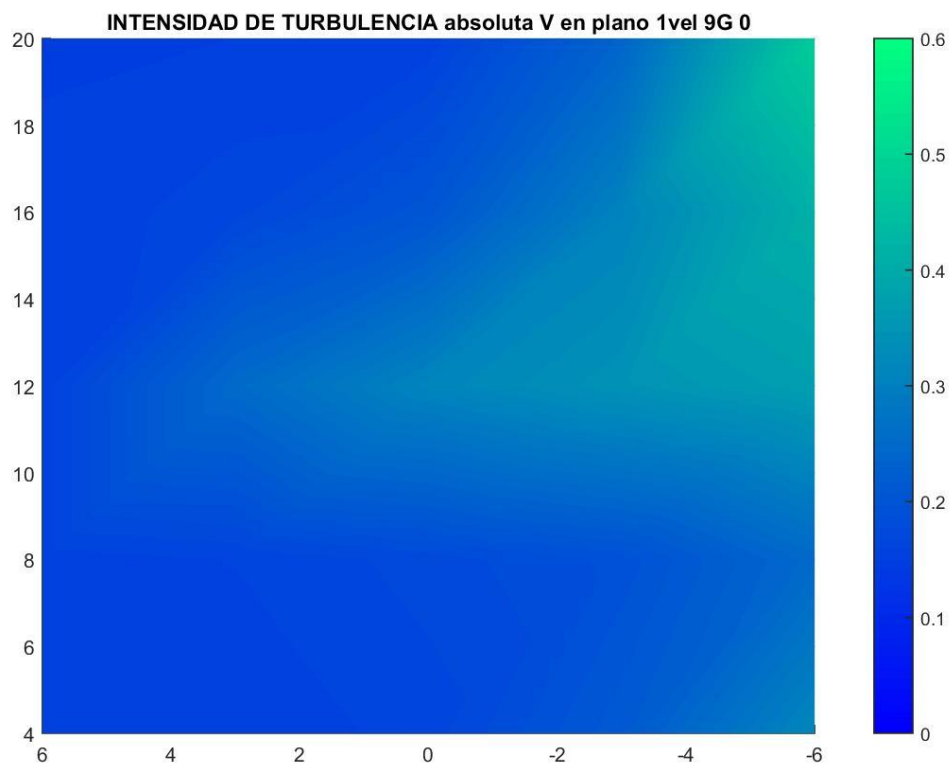


Figura 110: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

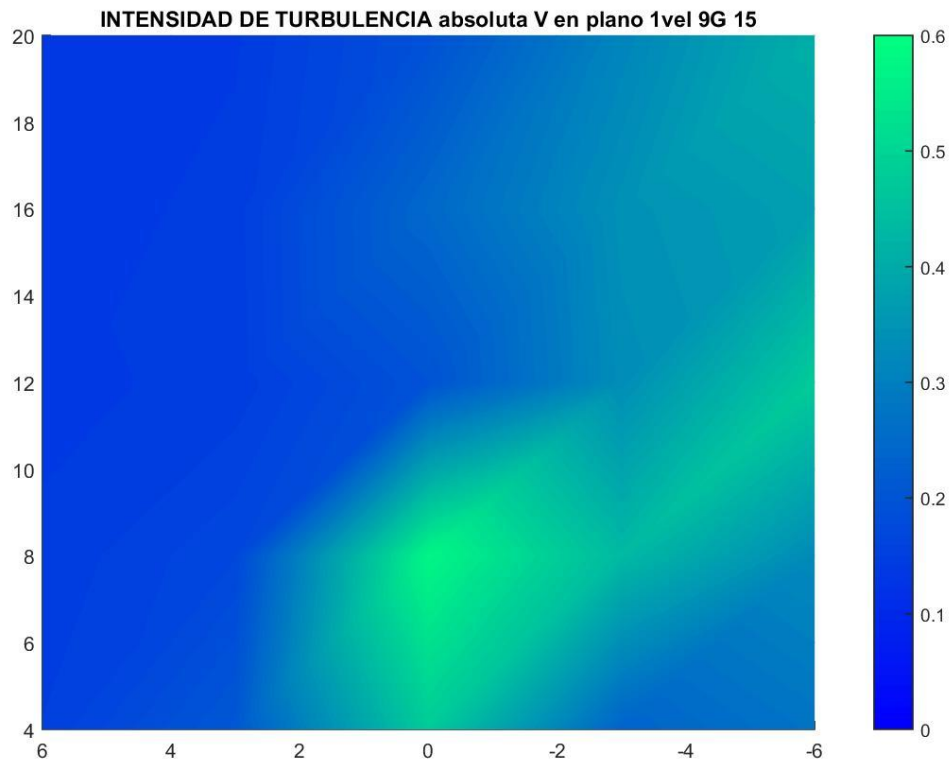


Figura 111: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

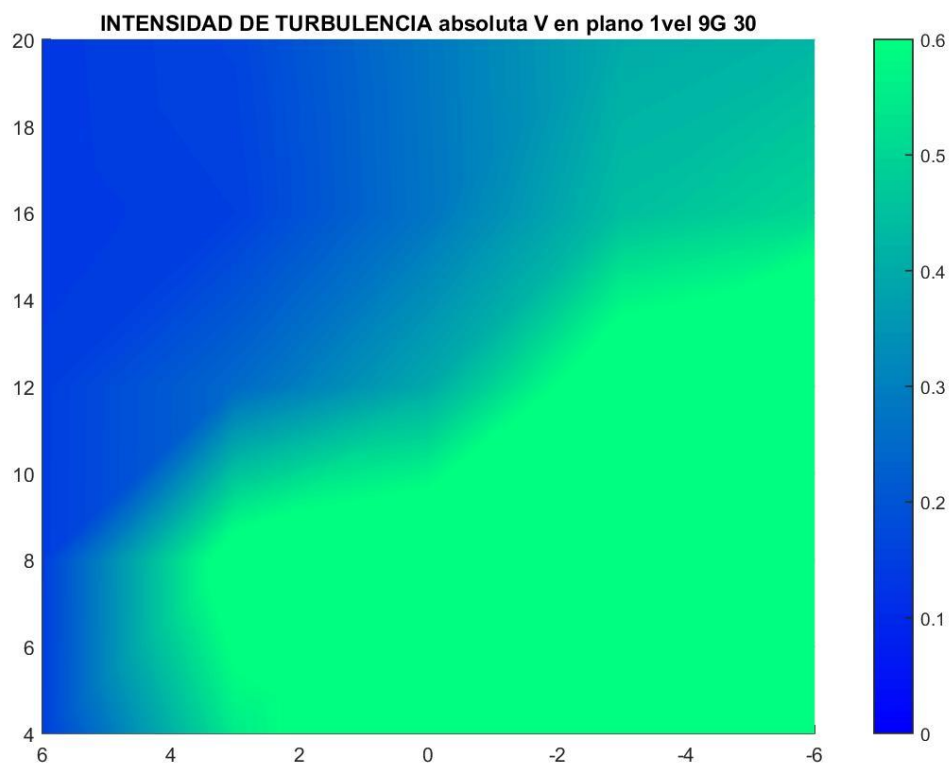


Figura 112: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

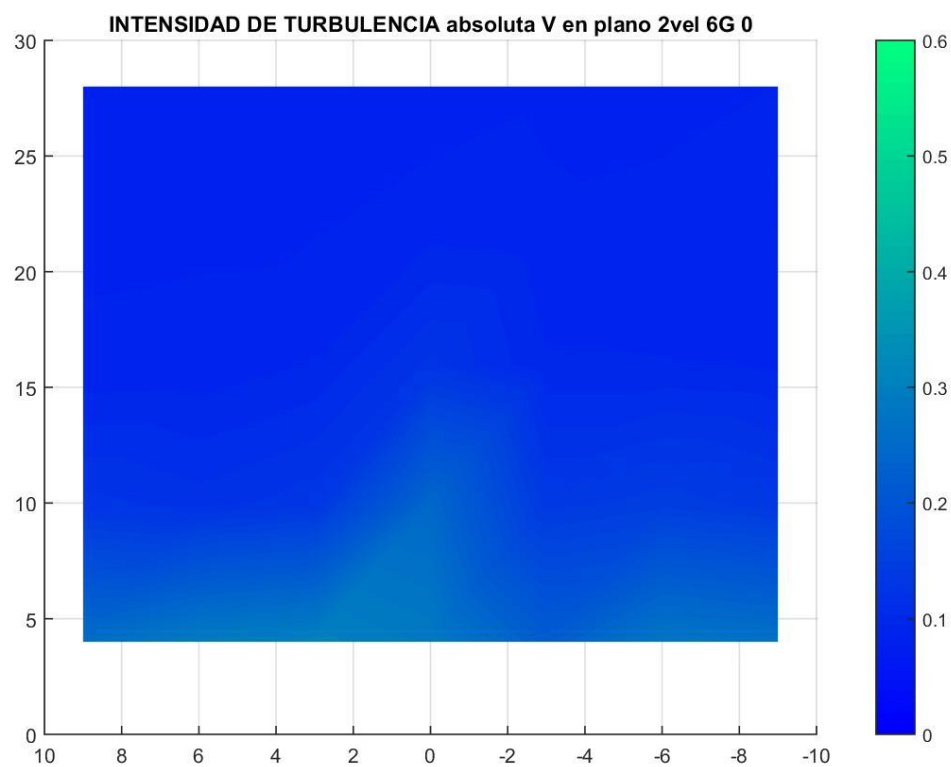


Figura 113: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

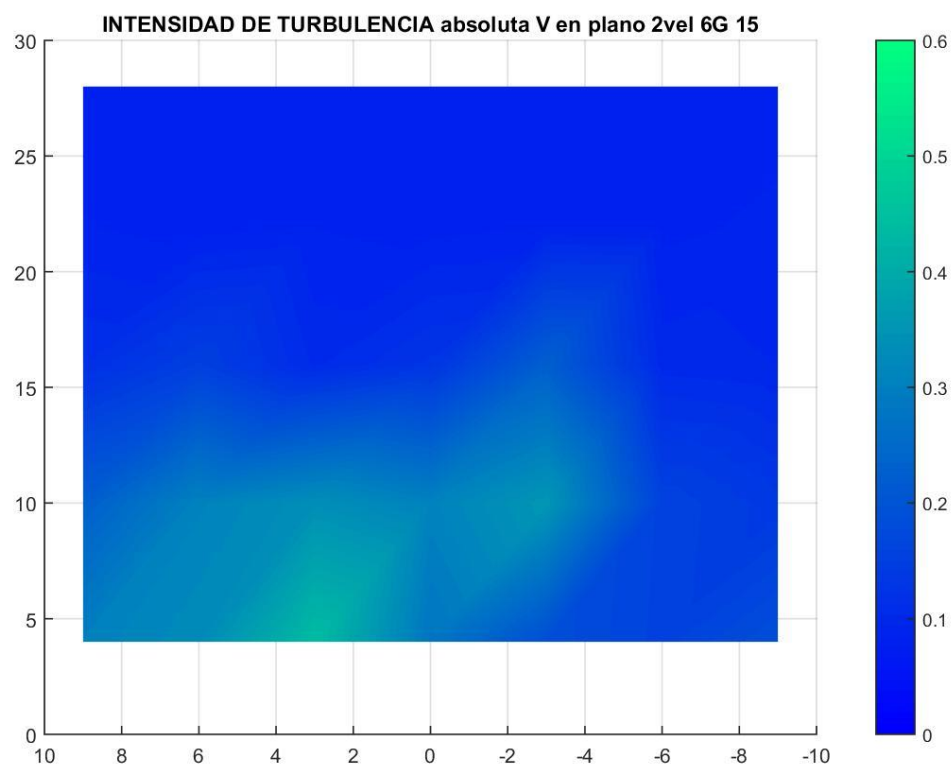


Figura 114: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

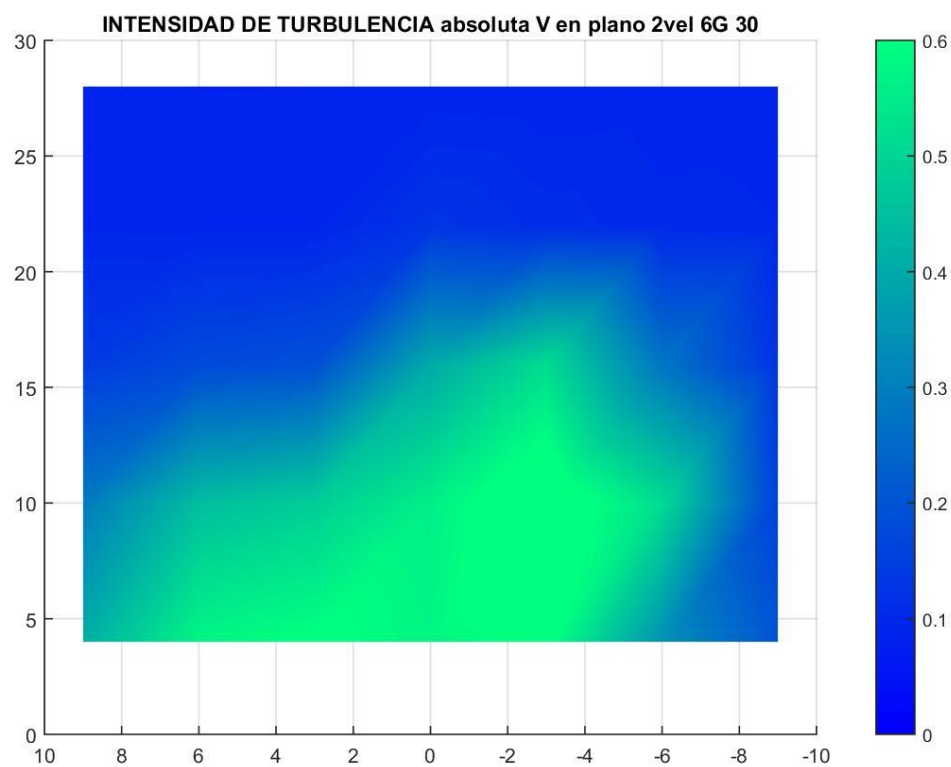


Figura 115: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

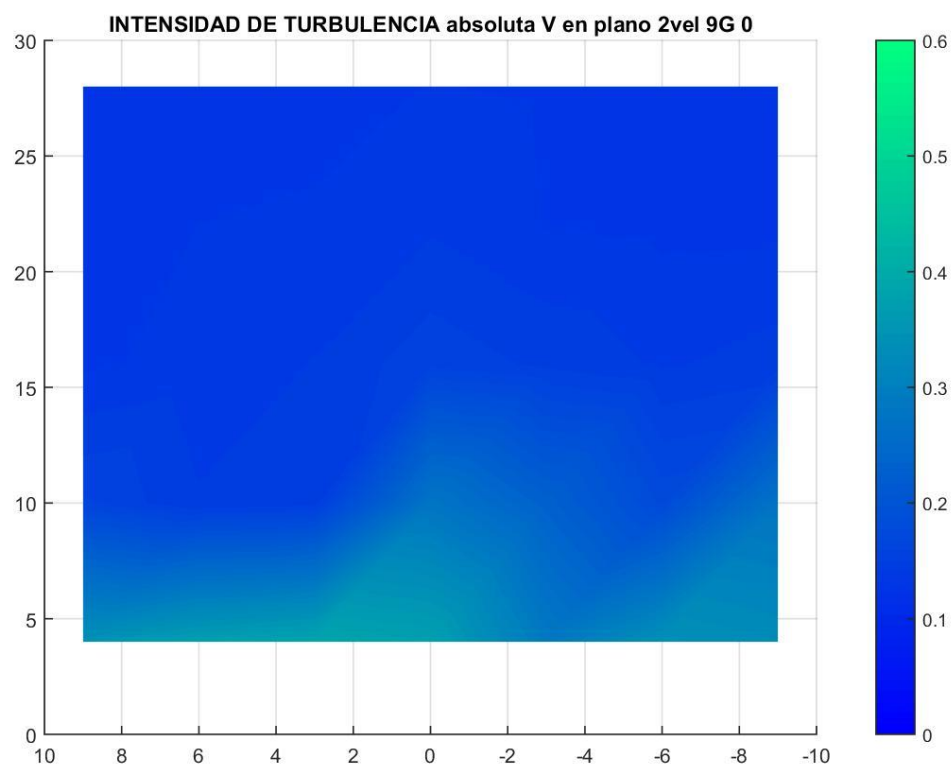


Figura 116: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

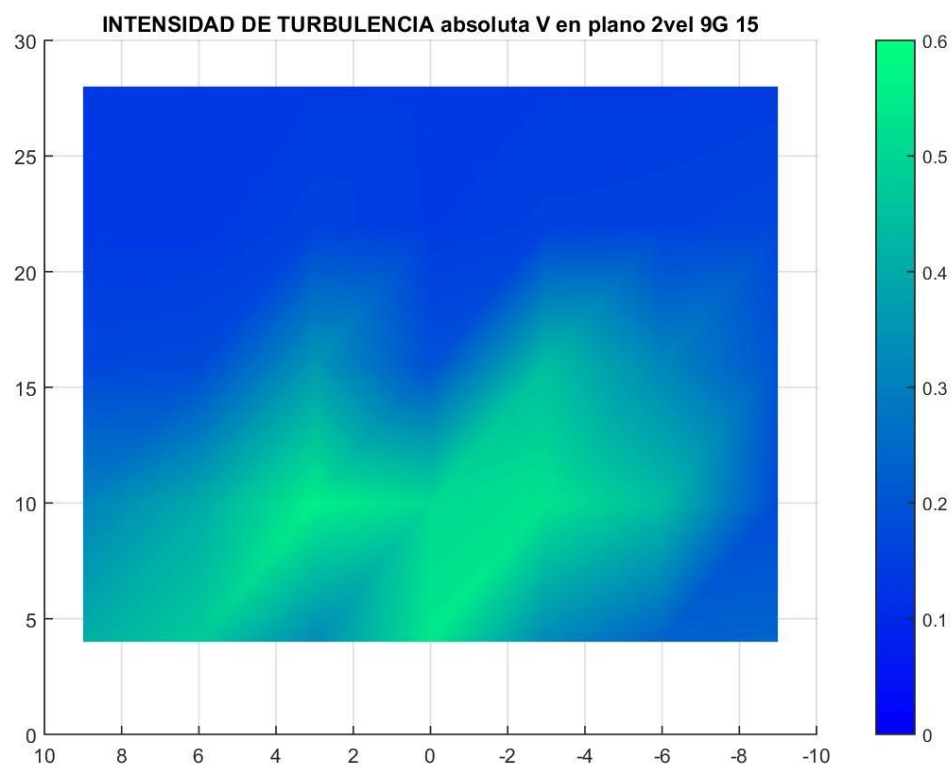


Figura 117: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

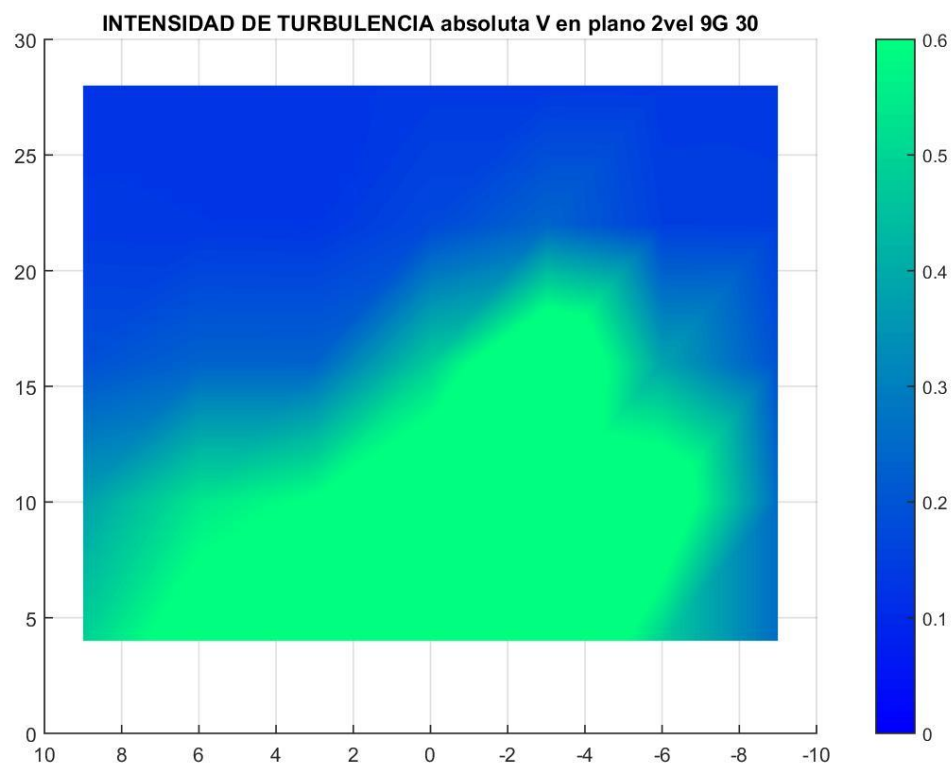


Figura 118: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

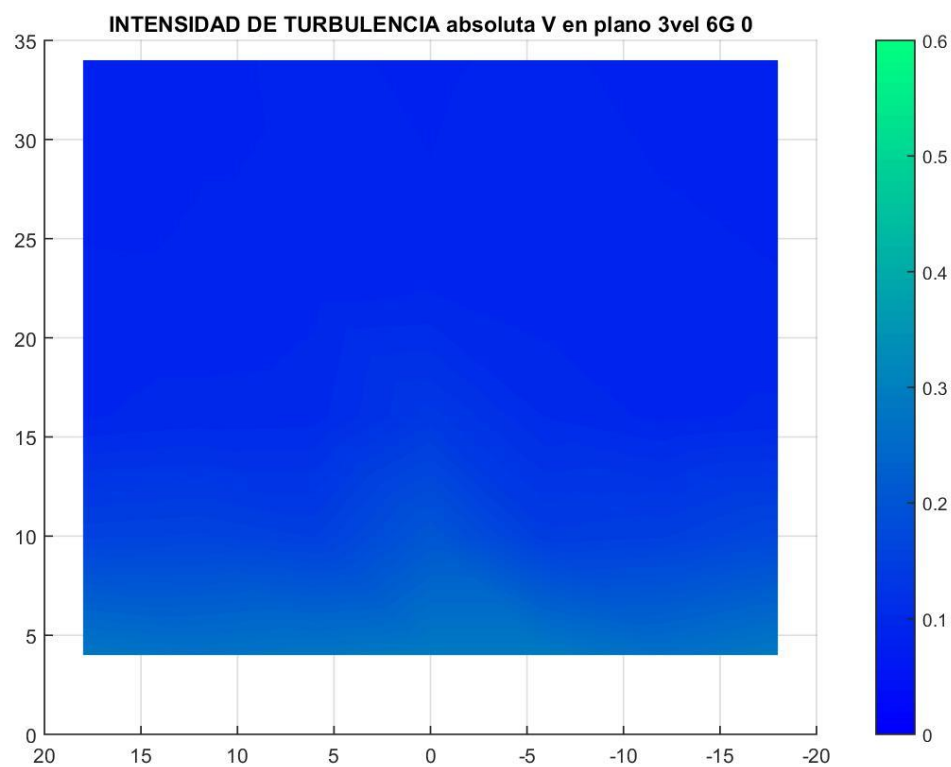


Figura 119: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

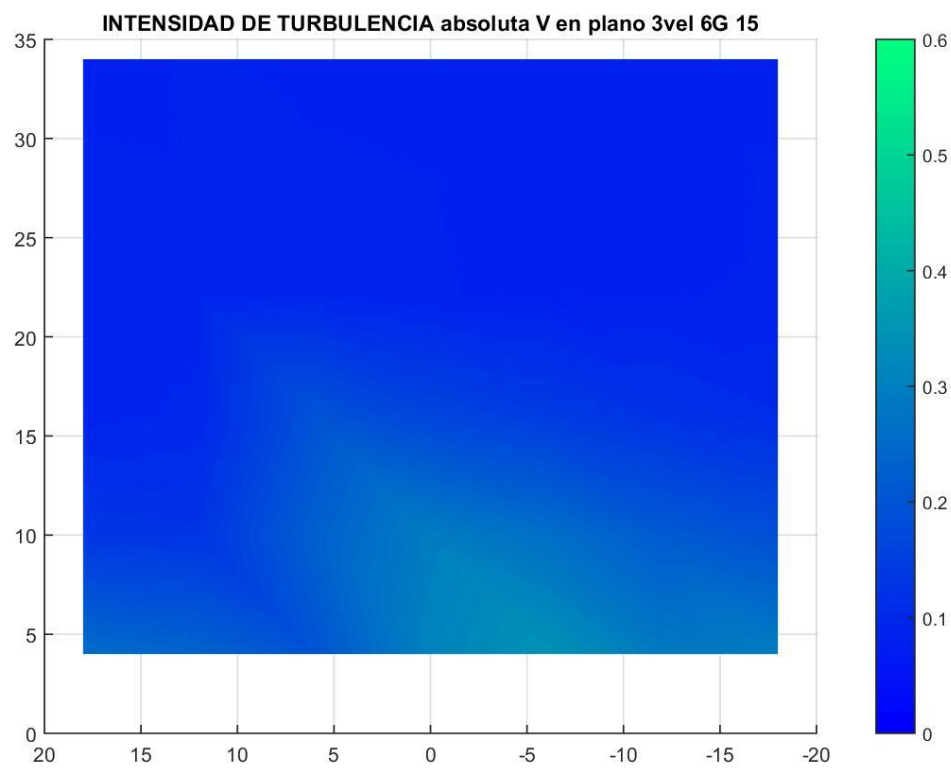


Figura 120: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

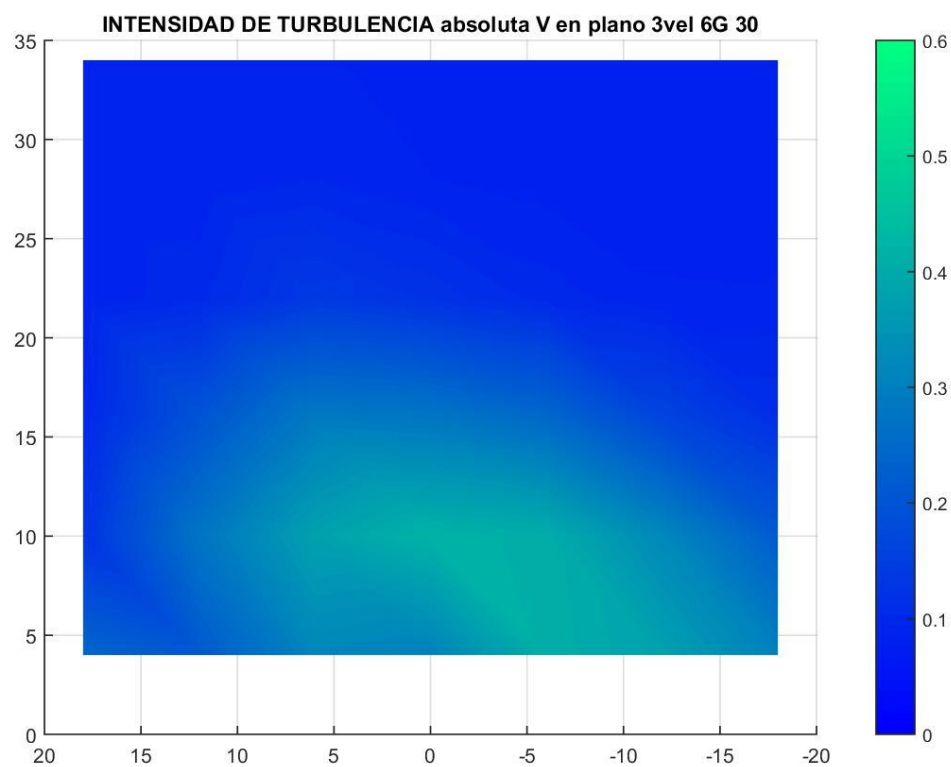


Figura 121: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

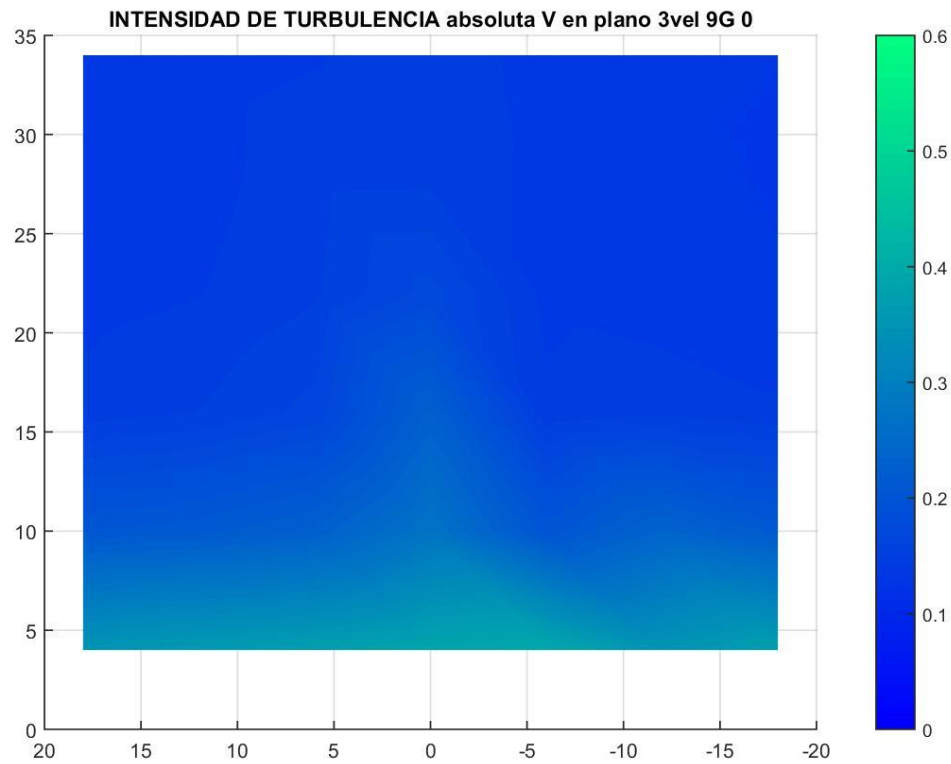


Figura 122: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

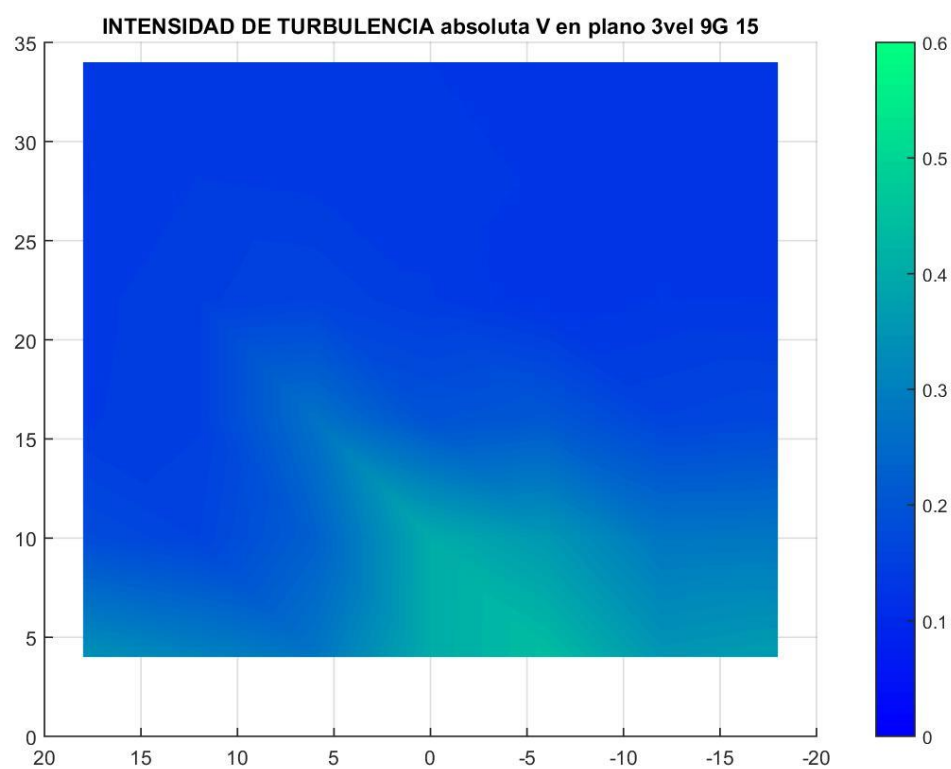


Figura 123: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

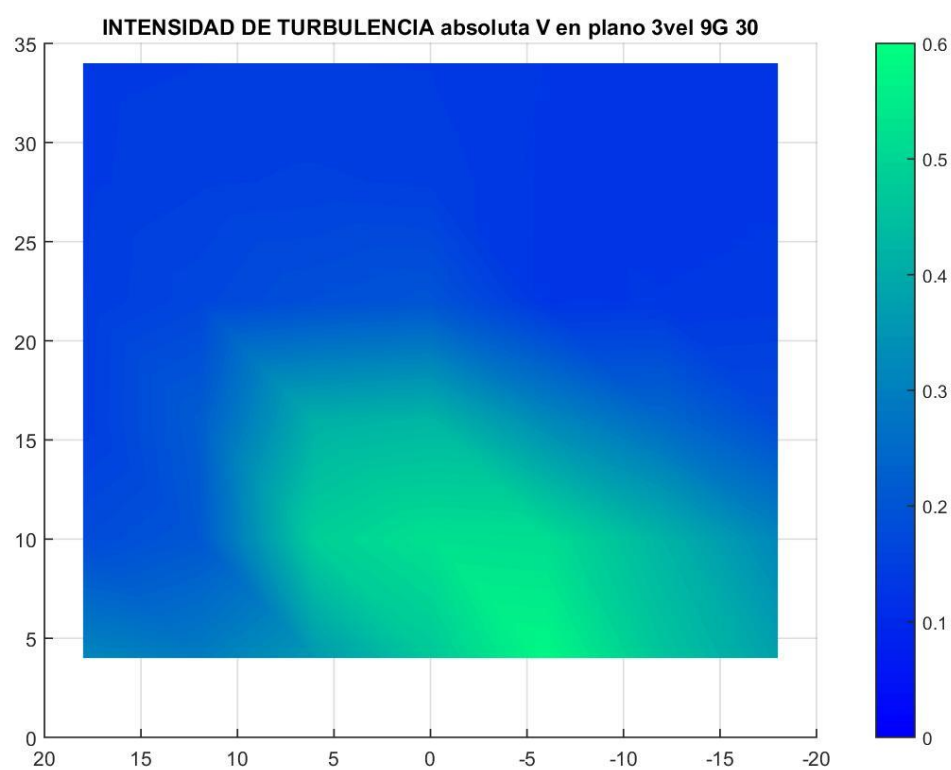


Figura 124: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])



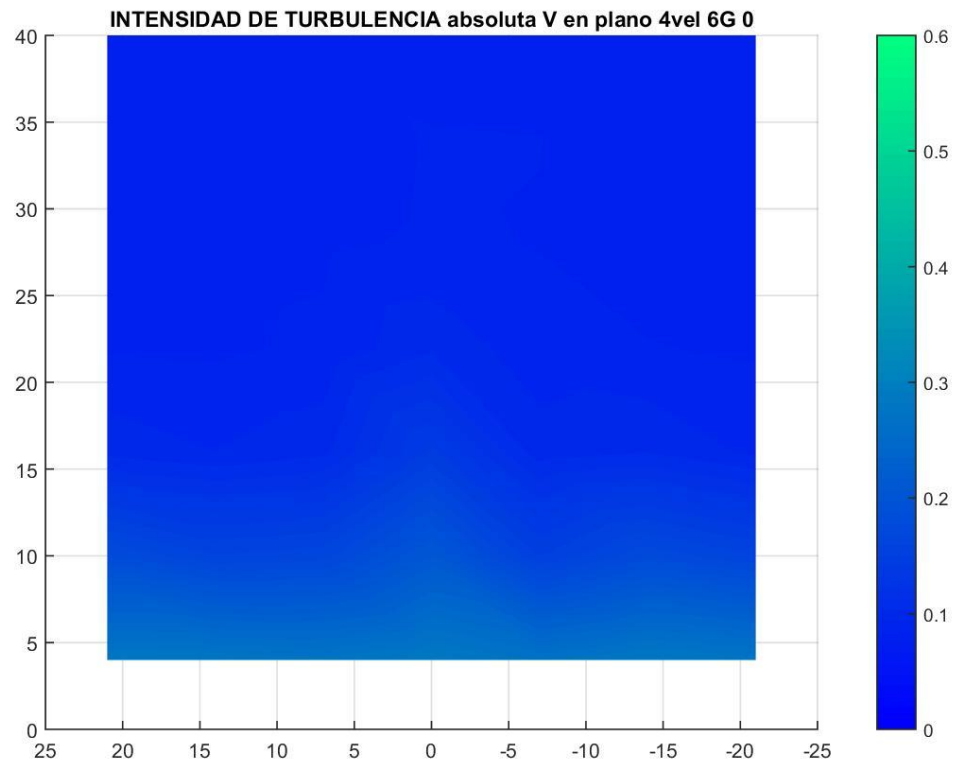


Figura 125: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

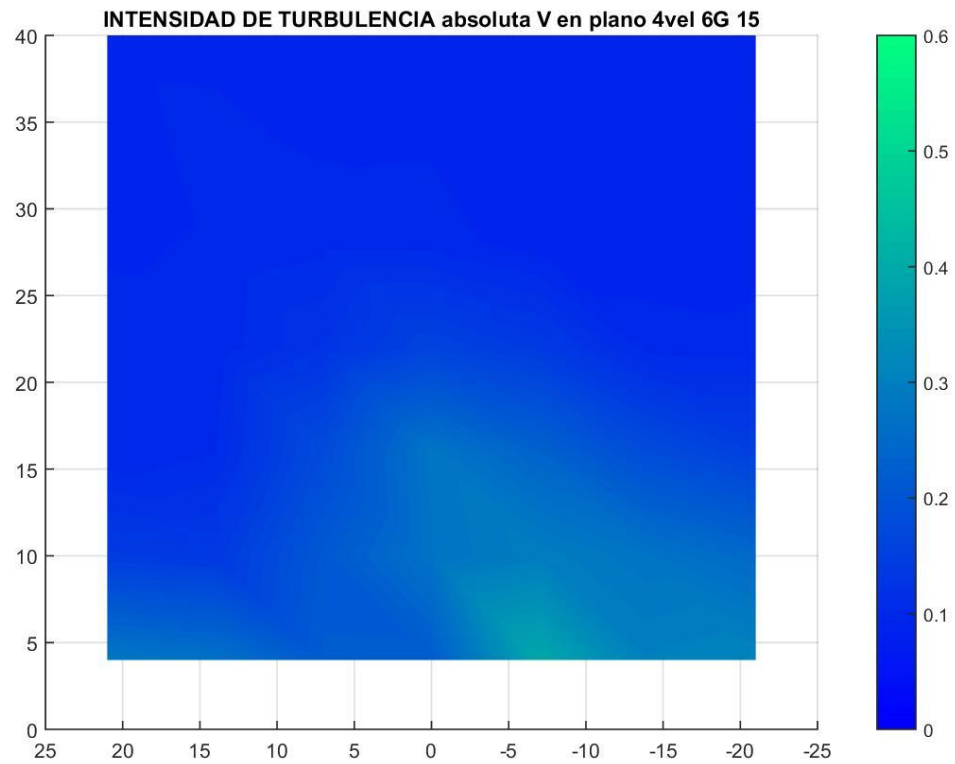


Figura 126: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

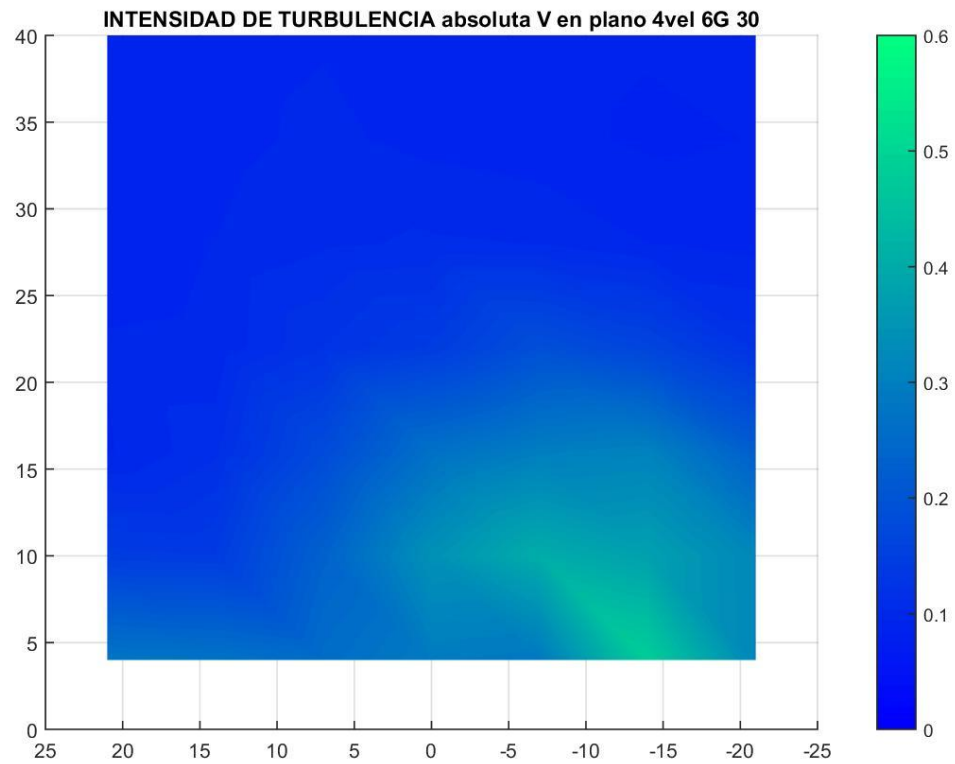


Figura 127: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

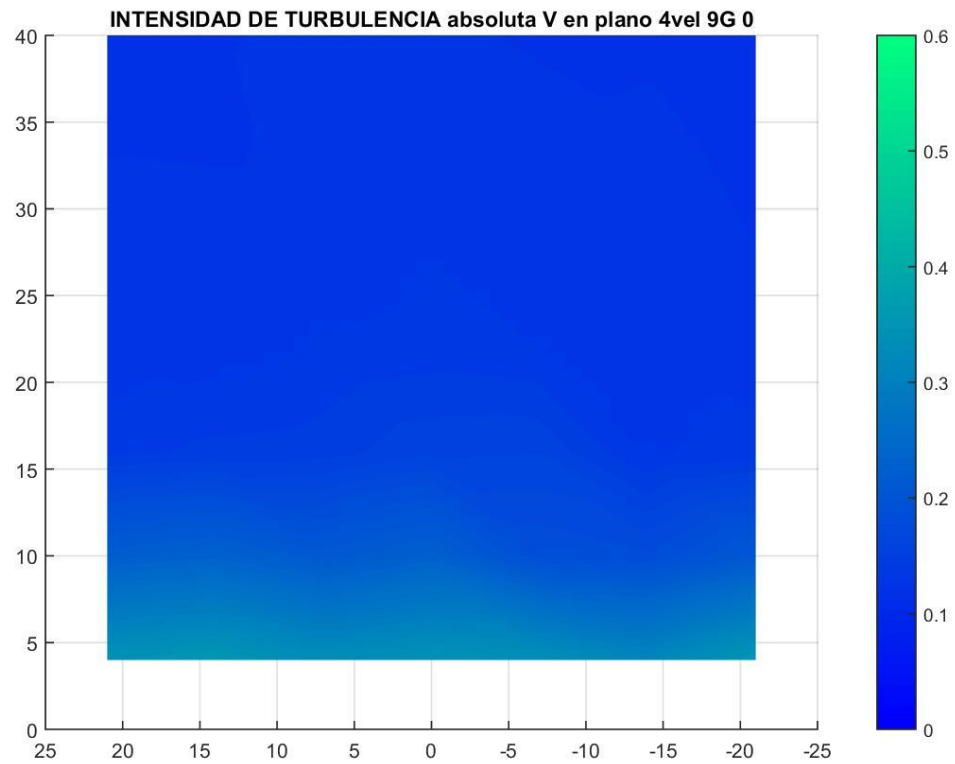


Figura 128: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

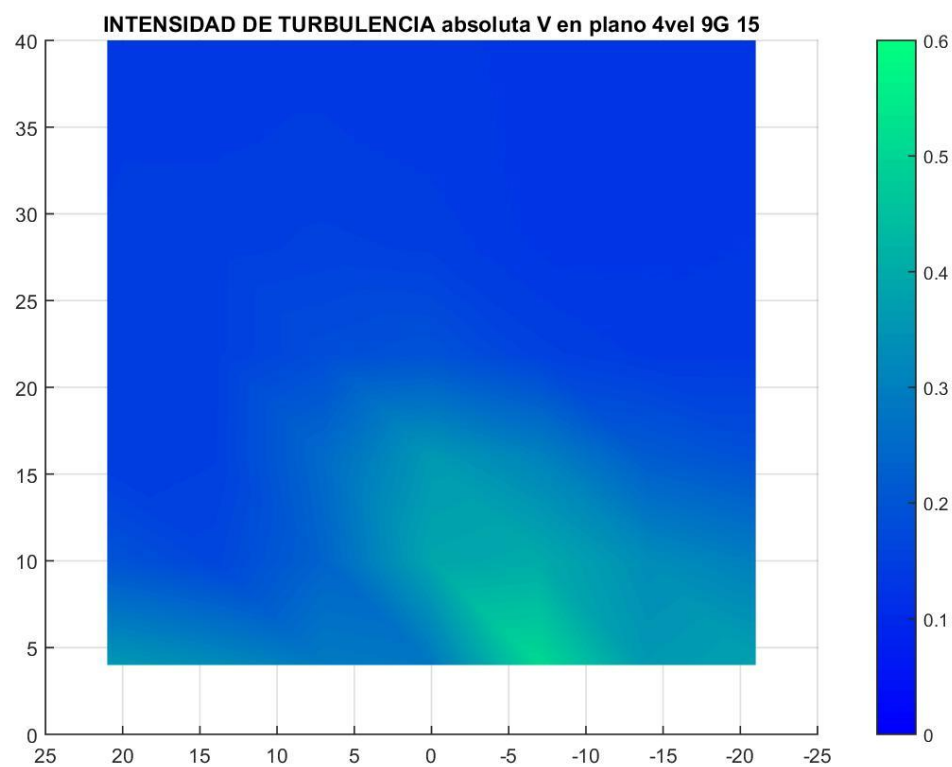


Figura 129: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

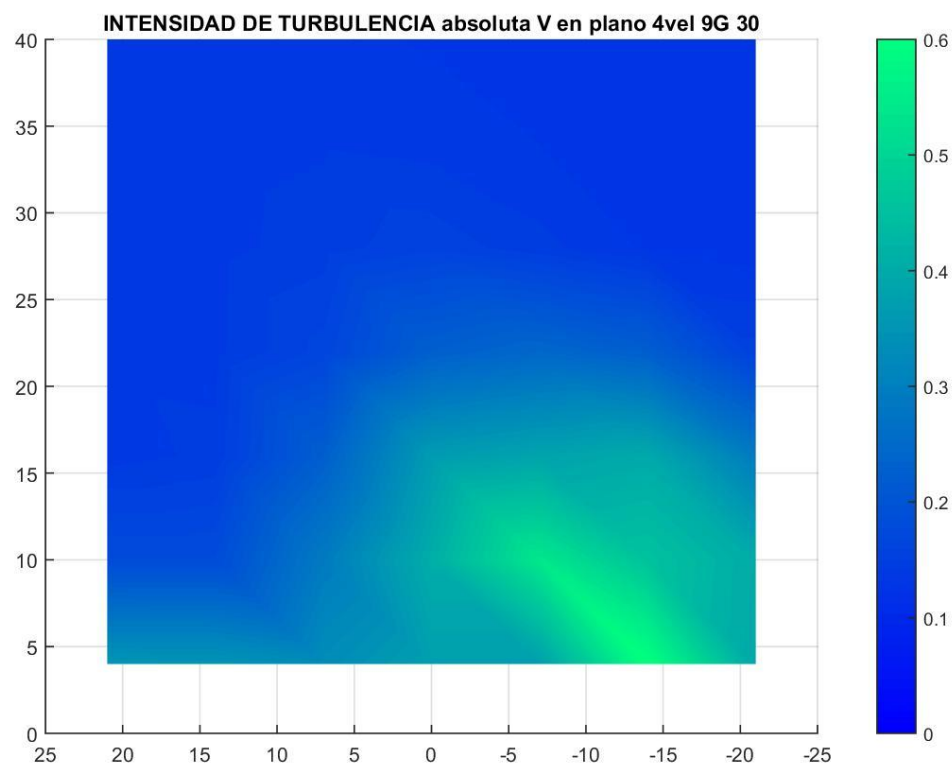


Figura 130: IT de la componente transversal de la señal( Eje horizontal X[mm], eje vertical Y[mm])

## Escala de turbulencia

Se realizaron tablas donde se representan los valores de las escalas características de turbulencia en función de la posición en el plano, obtenidas a partir de la autocorrelación, mediante el criterio de  $1/e$ , y la teoría del flujo congelado.

Escala temporal [seg] P1vel6G0					
0,006	0,007	0,006	0,0065	0,0055	20
0,0045	0,006	0,0065	0,006	0,0055	16
0,0015	0,002	0,001	0,002	0,0015	12
0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	8
0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	4
6	3	0	-3	-6	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P1vel6G0					
3,6	4,2	3,6	3,9	3,3	20
2,7	3,6	3,9	3,6	3,3	16
0,9	1,2	0,6	1,2	0,9	12
0,9	0,9	0,6	0,9	0,9	8
0,9	0,9	0,6	0,9	0,9	4
6	3	0	-3	-6	X\Y [mm]

Tabla 49: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P1vel6G15					
0,005	0,005	0,0055	0,0055	0,0055	20
0,0035	0,004	0,004	0,003	0,006	16
0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,001	12
0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,001	8
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	4
6	3	0	-3	-6	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P1vel6G15					
3	3	3,3	3,3	3,3	20
2,1	2,4	2,4	1,8	3,6	16
0,9	0,9	0,6	0,9	0,6	12
0,9	0,9	0,6	0,9	0,6	8
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	4
6	3	0	-3	-6	X\Y [mm]

Tabla 50: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P1vel6G30					
0,005	0,005	0,005	0,0055	0,005	20
0,0035	0,0045	0,002	0,0015	0,0015	16
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	12
0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	8
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	4
6	3	0	-3	-6	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P1vel6G30					
3	3	3	3,3	3	20
2,1	2,7	1,2	0,9	0,9	16
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	12
0,9	0,9	0,6	0,9	0,9	8
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	4
6	3	0	-3	-6	X\Y [mm]

Tabla 51: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P1vel9G0					
0,004	0,004	0,0045	0,0045	0,004	20
0,0045	0,005	0,005	0,004	0,004	16
0,003	0,0015	0,001	0,0035	0,004	12
0,0015	0,001	0,001	0,0015	0,0015	8
0,0015	0,0015	0,001	0,001	0,0015	4
6	3	0	-3	-6	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P1vel9G0					
3,6	3,6	4,05	4,05	3,6	20
4,05	4,5	4,5	3,6	3,6	16
2,7	1,35	0,9	3,15	3,6	12
1,35	0,9	0,9	1,35	1,35	8
1,35	1,35	0,9	0,9	1,35	4
6	3	0	-3	-6	X\Y [mm]

Tabla 52: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P1vel9G15					
0,004	0,0035	0,004	0,004	0,0045	20
0,0035	0,0035	0,004	0,002	0,0015	16
0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,001	12
0,0015	0,001	0,001	0,001	0,0015	8
0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	4
6	3	0	-3	-6	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P1vel9G15					
3,6	3,15	3,6	3,6	4,05	20
3,15	3,15	3,6	1,8	1,35	16
1,35	1,35	1,35	0,9	0,9	12
1,35	0,9	0,9	0,9	1,35	8
1,35	1,35	0,9	1,35	1,35	4
6	3	0	-3	-6	X\Y [mm]

Tabla 53: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P1vel9G30					
0,004	0,0035	0,004	0,0035	0,0035	20
0,0025	0,0035	0,0015	0,001	0,001	16
0,0015	0,0015	0,001	0,001	0,0015	12
0,001	0,001	0,001	0,0015	0,0015	8
0,001	0,001	0,001	0,0015	0,0015	4
6	3	0	-3	-6	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P1vel9G30					
3,6	3,15	3,6	3,15	3,15	20
2,25	3,15	1,35	0,9	0,9	16
1,35	1,35	0,9	0,9	1,35	12
0,9	0,9	0,9	1,35	1,35	8
0,9	0,9	0,9	1,35	1,35	4
6	3	0	-3	-6	X\Y[mm]

Tabla 54: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P2vel6G0							
0,005	0,005	0,005	0,0045	0,005	0,005	0,006	28
0,005	0,005	0,0055	0,0065	0,006	0,0055	0,005	22
0,0055	0,005	0,006	0,0065	0,0055	0,005	0,0055	16
0,002	0,002	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	0,002	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	0,0015	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P2vel6G0							
3	3	3	2,7	3	3	3,6	28
3	3	3,3	3,9	3,6	3,3	3	22
3,3	3	3,6	3,9	3,3	3	3,3	16
1,2	1,2	0,9	0,6	0,9	0,9	1,2	10
0,9	0,9	0,9	0,6	0,9	0,9	0,9	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]

Tabla 55: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P2vel6G15							
0,005	0,005	0,005	0,005	0,0055	0,005	0,0055	28
0,0055	0,005	0,006	0,005	0,005	0,005	0,0055	22
0,0025	0,0015	0,0065	0,006	0,0015	0,0025	0,0025	16
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,001	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P2vel6G15							
3	3	3	3	3,3	3	3,3	28
3,3	3	3,6	3	3	3	3,3	22
1,5	0,9	3,9	3,6	0,9	1,5	1,5	16
0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	0,9	0,6	10
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]

Tabla 56: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P2vel6G30							
0,005	0,0045	0,005	0,0055	0,0045	0,005	0,005	28
0,0045	0,004	0,0045	0,0025	0,004	0,0045	0,005	22
0,002	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,0025	16
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,0015	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P2vel6G30							
3	2,7	3	3,3	2,7	3	3	28
2,7	2,4	2,7	1,5	2,4	2,7	3	22
1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	1,5	16
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	0,9	10
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]

Tabla 57: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P2vel9G0							
0,0035	0,0035	0,0035	0,004	0,0035	0,0035	0,0035	28
0,004	0,004	0,004	0,0045	0,004	0,004	0,0035	22
0,0035	0,004	0,005	0,005	0,0045	0,0045	0,004	16
0,002	0,0025	0,0015	0,001	0,0015	0,002	0,0015	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,001	0,0015	0,0015	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P2vel9G0							
3,15	3,15	3,15	3,6	3,15	3,15	3,15	28
3,6	3,6	3,6	4,05	3,6	3,6	3,15	22
3,15	3,6	4,5	4,5	4,05	4,05	3,6	16
1,8	2,25	1,35	0,9	1,35	1,8	1,35	10
1,35	1,35	1,35	0,9	0,9	1,35	1,35	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]

Tabla 58: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P2vel9G15							
0,004	0,004	0,004	0,004	0,0035	0,0035	0,004	28
0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0045	0,0045	22
0,0025	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,004	16
0,0015	0,001	0,0015	0,001	0,0015	0,001	0,0015	10
0,0015	0,001	0,001	0,0015	0,001	0,001	0,001	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P2vel9G15							
3,6	3,6	3,6	3,6	3,15	3,15	3,6	28
3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	4,05	4,05	22
2,25	1,35	1,35	1,35	1,35	0,9	3,6	16
1,35	0,9	1,35	0,9	1,35	0,9	1,35	10
1,35	0,9	0,9	1,35	0,9	0,9	0,9	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]

Tabla 59: Escalas de turbulencia



Escala temporal [seg] P2vel9G30							
0,0035	0,0035	0,004	0,004	0,0035	0,0035	0,0035	28
0,0035	0,003	0,003	0,0025	0,0015	0,004	0,004	22
0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,001	0,001	0,0015	16
0,0015	0,001	0,001	0,0015	0,0015	0,001	0,0015	10
0,0015	0,001	0,001	0,0015	0,0015	0,001	0,0015	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P2vel9G30							
3,15	3,15	3,6	3,6	3,15	3,15	3,15	28
3,15	2,7	2,7	2,25	1,35	3,6	3,6	22
1,35	1,35	1,35	0,9	0,9	0,9	1,35	16
1,35	0,9	0,9	1,35	1,35	0,9	1,35	10
1,35	0,9	0,9	1,35	1,35	0,9	1,35	4
12	8	4	0	-4	-8	-12	X\Y [mm]

Tabla 60: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P3vel6G0							
0,0045	0,0045	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	34
0,0045	0,0045	0,0055	0,005	0,0055	0,005	0,005	28
0,005	0,0055	0,0055	0,0065	0,0065	0,0055	0,005	22
0,004	0,0045	0,005	0,0045	0,0045	0,004	0,0045	16
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P3vel6G0							
2,7	2,7	3	3	3	3	3	34
2,7	2,7	3,3	3	3,3	3	3	28
3	3,3	3,3	3,9	3,9	3,3	3	22
2,4	2,7	3	2,7	2,7	2,4	2,7	16
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	10
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]

Tabla 61: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P3vel6G15							
0,0055	0,0045	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	34
0,005	0,005	0,0055	0,0055	0,0055	0,0055	0,0045	28
0,0055	0,005	0,006	0,005	0,0045	0,005	0,005	22
0,006	0,005	0,0025	0,0015	0,0015	0,0035	0,0025	16
0,002	0,002	0,001	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P3vel6G15							
3,3	2,7	3	3	3	3	3	34
3	3	3,3	3,3	3,3	3,3	2,7	28
3,3	3	3,6	3	2,7	3	3	22
3,6	3	1,5	0,9	0,9	2,1	1,5	16
1,2	1,2	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	10
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]

Tabla 62: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P3vel6G30							
0,005	0,0045	0,005	0,005	0,0055	0,005	0,0045	34
0,005	0,005	0,005	0,0055	0,0055	0,005	0,005	28
0,0045	0,004	0,0025	0,002	0,0035	0,005	0,005	22
0,0025	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,004	16
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,002	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P3vel6G30							
3	2,7	3	3	3,3	3	2,7	34
3	3	3	3,3	3,3	3	3	28
2,7	2,4	1,5	1,2	2,1	3	3	22
1,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	2,4	16
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	1,2	10
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]

Tabla 63: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P3vel9G0							
0,0035	0,0035	0,0035	0,004	0,004	0,0035	0,0035	34
0,0035	0,004	0,004	0,004	0,004	0,0035	0,0035	28
0,0035	0,004	0,004	0,0055	0,0045	0,004	0,004	22
0,0035	0,003	0,004	0,0025	0,0035	0,0035	0,004	16
0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	0,0015	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	0,0015	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P3vel9G0							
3,15	3,15	3,15	3,6	3,6	3,15	3,15	34
3,15	3,6	3,6	3,6	3,6	3,15	3,15	28
3,15	3,6	3,6	4,95	4,05	3,6	3,6	22
3,15	2,7	3,6	2,25	3,15	3,15	3,6	16
1,35	1,35	1,35	0,9	1,35	1,35	1,35	10
1,35	1,35	1,35	0,9	1,35	1,35	1,35	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]

Tabla 64: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P3vel9G15							
0,0035	0,0035	0,004	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	34
0,0035	0,004	0,0035	0,004	0,004	0,004	0,0035	28
0,004	0,004	0,0045	0,004	0,0035	0,004	0,0035	22
0,004	0,004	0,0035	0,0015	0,0015	0,0025	0,0025	16
0,002	0,002	0,001	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	10
0,0015	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P3vel9G15							
3,15	3,15	3,6	3,15	3,15	3,15	3,15	34
3,15	3,6	3,15	3,6	3,6	3,6	3,15	28
3,6	3,6	4,05	3,6	3,15	3,6	3,15	22
3,6	3,6	3,15	1,35	1,35	2,25	2,25	16
1,8	1,8	0,9	1,35	0,9	1,35	1,35	10
1,35	1,35	0,9	1,35	1,35	1,35	1,35	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]

Tabla 65: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P3vel9G30							
0,0035	0,0035	0,0035	0,004	0,0035	0,0035	0,0035	34
0,0035	0,003	0,004	0,004	0,004	0,0035	0,0035	28
0,004	0,003	0,0035	0,003	0,0045	0,003	0,0035	22
0,002	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	0,0015	0,0035	16
0,0015	0,001	0,001	0,0015	0,001	0,0015	0,002	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,001	0,0015	0,0015	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P3vel9G30							
3,15	3,15	3,15	3,6	3,15	3,15	3,15	34
3,15	2,7	3,6	3,6	3,6	3,15	3,15	28
3,6	2,7	3,15	2,7	4,05	2,7	3,15	22
1,8	1,35	0,9	1,35	1,35	1,35	3,15	16
1,35	0,9	0,9	1,35	0,9	1,35	1,8	10
1,35	1,35	1,35	0,9	0,9	1,35	1,35	4
18	12	6	0	-6	-12	-18	X\Y [mm]

Tabla 66: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P4vel6G0							
0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	40
0,0045	0,0045	0,0055	0,006	0,005	0,005	0,0045	34
0,0055	0,005	0,0055	0,0065	0,005	0,005	0,005	28
0,0055	0,006	0,006	0,0055	0,0055	0,005	0,0055	22
0,0045	0,0035	0,004	0,0015	0,004	0,0045	0,0035	16
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P4vel6G0							
3	3	3	3	3	2,4	2,4	40
2,7	2,7	3,3	3,6	3	3	2,7	34
3,3	3	3,3	3,9	3	3	3	28
3,3	3,6	3,6	3,3	3,3	3	3,3	22
2,7	2,1	2,4	0,9	2,4	2,7	2,1	16
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	10
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]

Tabla 67: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P4vel6G15							
0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,005	0,0045	0,005	40
0,0045	0,005	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	34
0,0045	0,005	0,0055	0,005	0,0045	0,005	0,0045	28
0,0045	0,0045	0,005	0,0015	0,0015	0,0035	0,0045	22
0,0045	0,005	0,002	0,0015	0,0015	0,0015	0,002	16
0,002	0,002	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P4vel6G15							
2,7	2,7	2,7	2,7	3	2,7	3	40
2,7	3	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	34
2,7	3	3,3	3	2,7	3	2,7	28
2,7	2,7	3	0,9	0,9	2,1	2,7	22
2,7	3	1,2	0,9	0,9	0,9	1,2	16
1,2	1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	10
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]

Tabla 68: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P4vel6G30							
0,0045	0,004	0,005	0,0045	0,005	0,0045	0,0045	40
0,004	0,004	0,0055	0,005	0,005	0,004	0,0045	34
0,0045	0,0045	0,005	0,0055	0,004	0,0035	0,004	28
0,005	0,004	0,006	0,003	0,0015	0,0015	0,0025	22
0,004	0,0025	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	16
0,002	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,002	0,0015	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P4vel6G30							
2,7	2,4	3	2,7	3	2,7	2,7	40
2,4	2,4	3,3	3	3	2,4	2,7	34
2,7	2,7	3	3,3	2,4	2,1	2,4	28
3	2,4	3,6	1,8	0,9	0,9	1,5	22
2,4	1,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	16
1,2	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	10
0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,2	0,9	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]

Tabla 69: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P4vel9G0							
0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	40
0,0035	0,0035	0,004	0,0035	0,004	0,0035	0,0035	34
0,004	0,004	0,004	0,004	0,0035	0,0035	0,0035	28
0,0035	0,004	0,0045	0,0045	0,004	0,0035	0,004	22
0,0035	0,0035	0,0045	0,003	0,004	0,0035	0,0035	16
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P4vel9G0							
3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	40
3,15	3,15	3,6	3,15	3,6	3,15	3,15	34
3,6	3,6	3,6	3,6	3,15	3,15	3,15	28
3,15	3,6	4,05	4,05	3,6	3,15	3,6	22
3,15	3,15	4,05	2,7	3,6	3,15	3,15	16
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	10
1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]

Tabla 70: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P4vel9G15							
0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	40
0,0035	0,0035	0,004	0,004	0,0035	0,0035	0,0035	34
0,0035	0,004	0,0045	0,0045	0,0035	0,0035	0,0035	28
0,004	0,0035	0,005	0,0025	0,002	0,003	0,0035	22
0,0035	0,0035	0,0025	0,0015	0,001	0,0015	0,002	16
0,0015	0,0025	0,001	0,0015	0,001	0,0015	0,0015	10
0,0015	0,0015	0,001	0,001	0,0015	0,0015	0,0015	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P4vel9G15							
3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	40
3,15	3,15	3,6	3,6	3,15	3,15	3,15	34
3,15	3,6	4,05	4,05	3,15	3,15	3,15	28
3,6	3,15	4,5	2,25	1,8	2,7	3,15	22
3,15	3,15	2,25	1,35	0,9	1,35	1,8	16
1,35	2,25	0,9	1,35	0,9	1,35	1,35	10
1,35	1,35	0,9	0,9	1,35	1,35	1,35	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]

Tabla 71: Escalas de turbulencia

Escala temporal [seg] P4vel9G30							
0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	40
0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	0,004	0,0035	0,0035	34
0,0035	0,0035	0,003	0,0045	0,004	0,0035	0,003	28
0,002	0,0015	0,0015	0,003	0,004	0,0035	0,004	22
0,0015	0,001	0,0015	0,0015	0,0015	0,0025	0,0035	16
0,0015	0,001	0,0015	0,001	0,001	0,0015	0,002	10
0,0015	0,0015	0,0015	0,001	0,001	0,0015	0,0015	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]
Escala espacial [cm] P4vel9G30							
3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	3,15	40
3,15	3,15	3,15	3,15	3,6	3,15	3,15	34
3,15	3,15	2,7	4,05	3,6	3,15	2,7	28
1,8	1,35	1,35	2,7	3,6	3,15	3,6	22
1,35	0,9	1,35	1,35	1,35	2,25	3,15	16
1,35	0,9	1,35	0,9	0,9	1,35	1,8	10
1,35	1,35	1,35	0,9	0,9	1,35	1,35	4
21	14	7	0	-7	-14	-21	X\Y [mm]

Tabla 72: Escalas de turbulencia

## Densidad espectral PSD

En la sección se realiza, para la señal obtenida al medir la componente transversal de la velocidad, la representación gráfica de la PSD en aquellos puntos donde se observa un incremento de la intensidad de turbulencia.

Los siguientes gráficos de PSD fueron seleccionados siguiendo como referencia las figuras 86, 87 y 88.

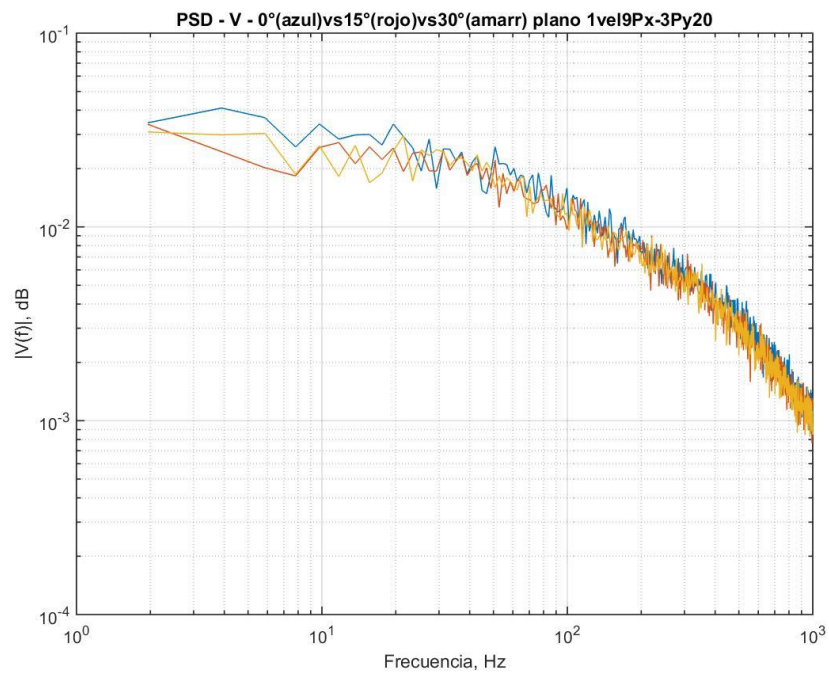


Figura 131: PSD para 0°, 15° y 30°

Se puede observar que en el punto Px-3 Py20 la IT prácticamente no varía, al calcular la PSD en ese punto no se obtienen incrementos significativos en la ganancia y en el ancho de banda lo cual se corresponde al análisis de intensidad de turbulencia.



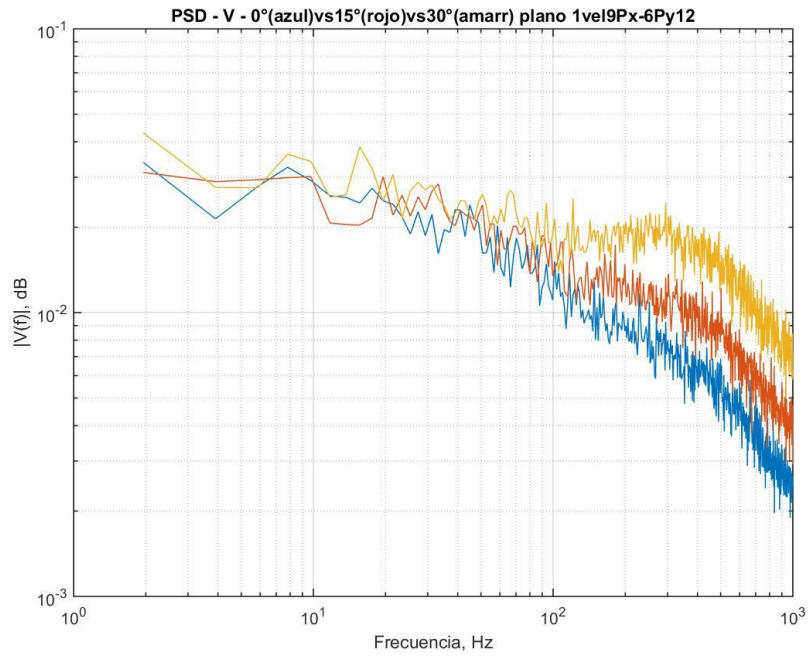


Figura 132: PSD para 0°, 15° y 30°

LA PSD de color azul corresponde a la calculada cuando el GV se encuentra a 0°, la roja cuando está a 15° y la amarilla a 30°. Viendo la imagen se puede establecer que a medida que aumenta el ángulo de ataque del GV la ganancia se incrementa lo cual se corresponde con el incremento de la IT observado en el plano.

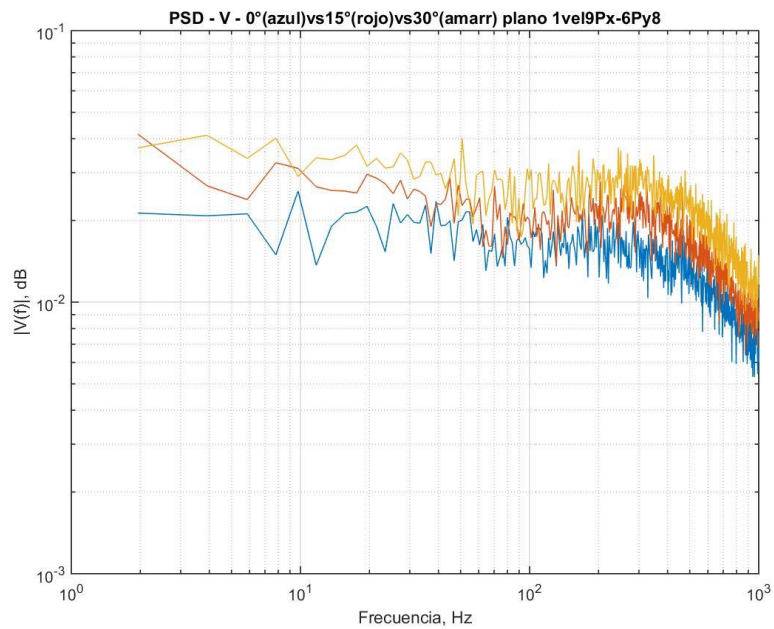


Figura 133: PSD para 0°, 15° y 30°

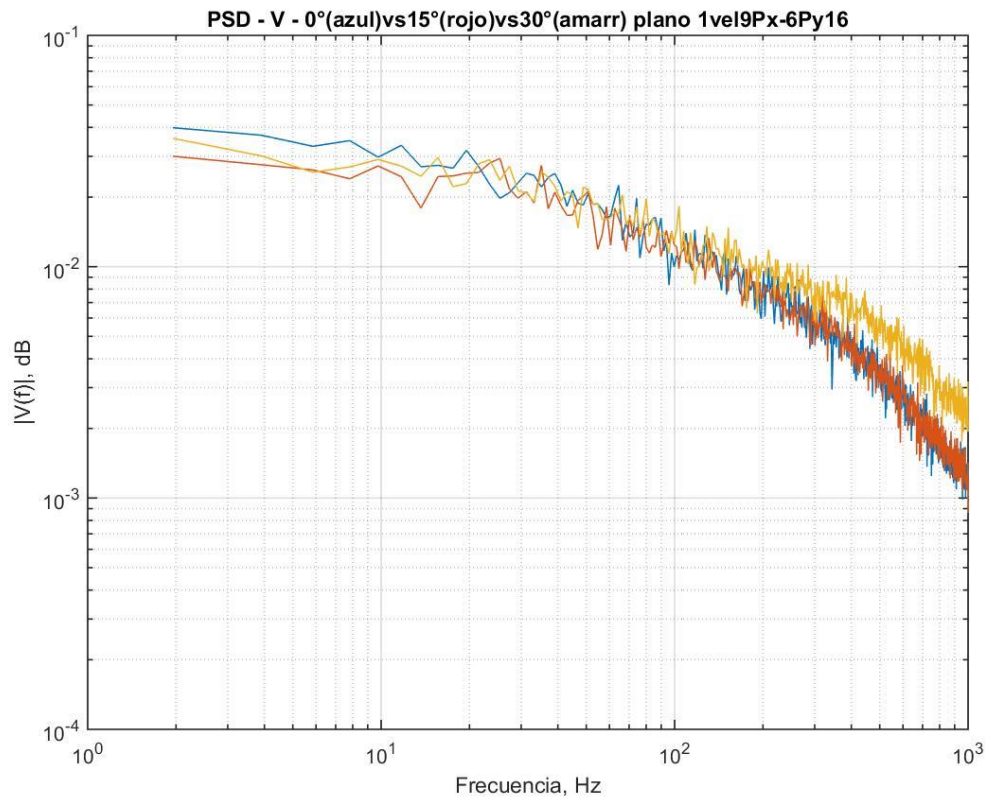


Figura 134: PSD para 0°, 15° y 30°

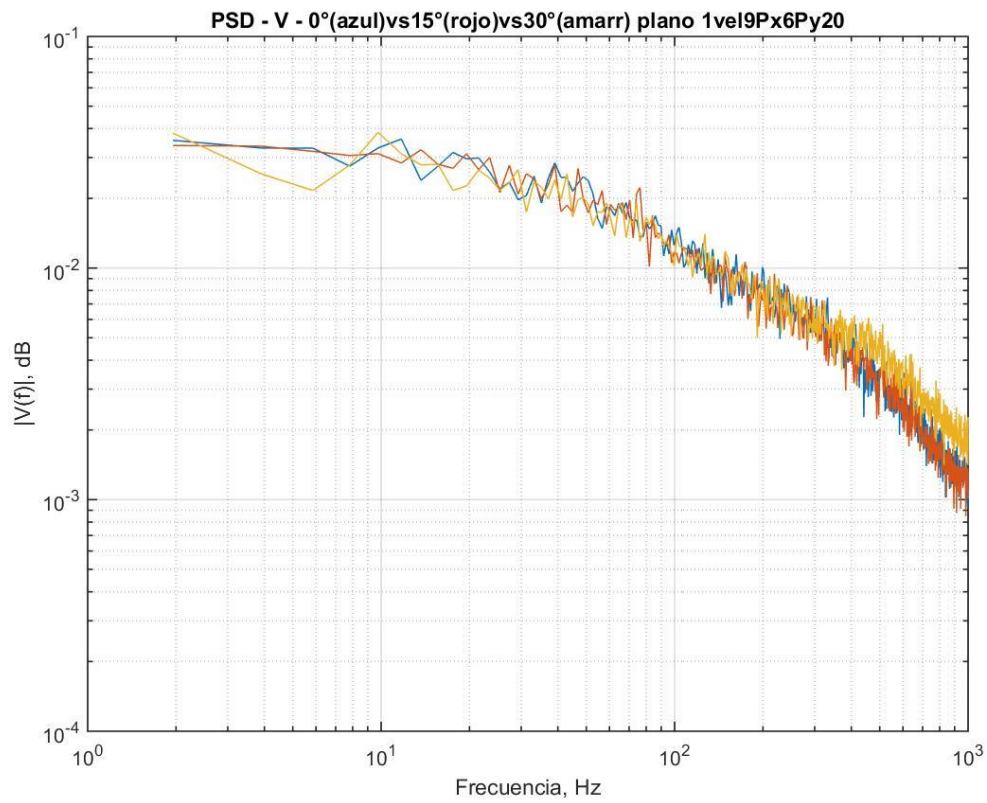


Figura 135: PSD para 0°, 15° y 30°

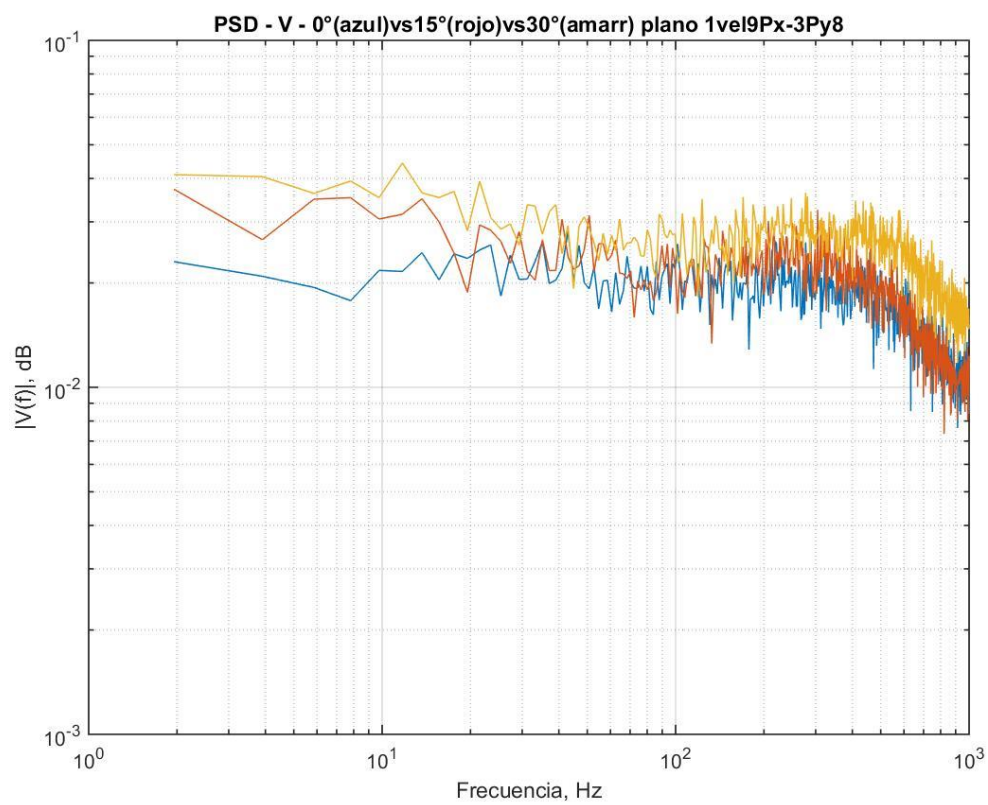


Figura 136: PSD para 0°, 15° y 30°

Los siguientes gráficos de PSD fueron seleccionados siguiendo como referencia la figura 92, 93 y 94.

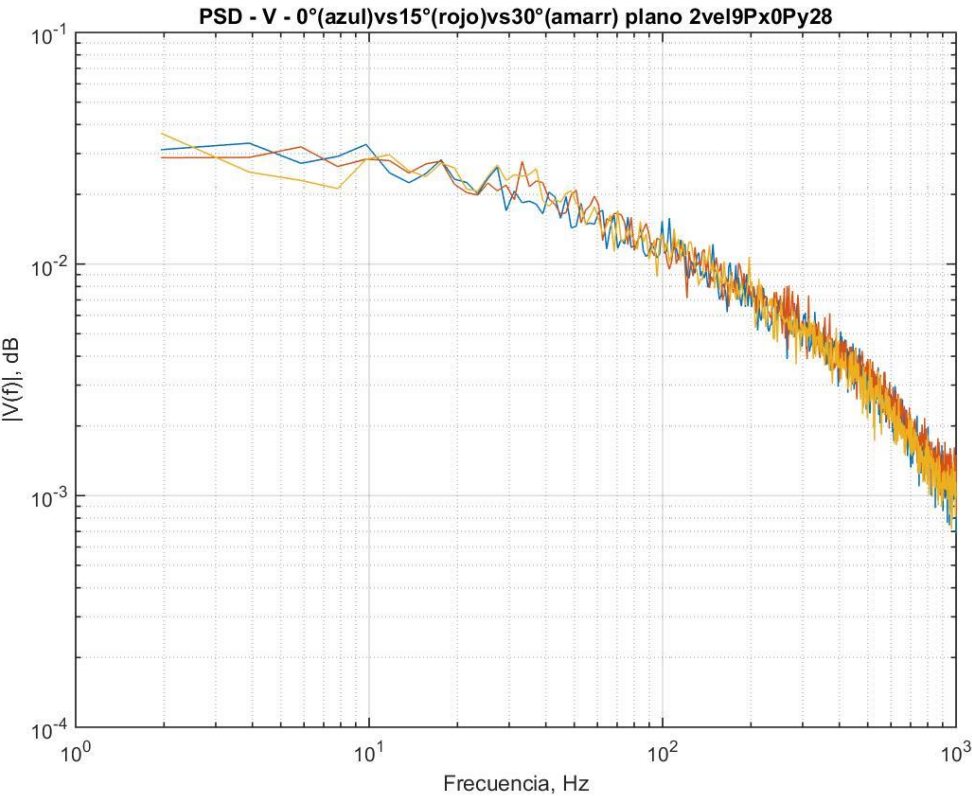


Figura 137: PSD para 0°, 15° y 30°

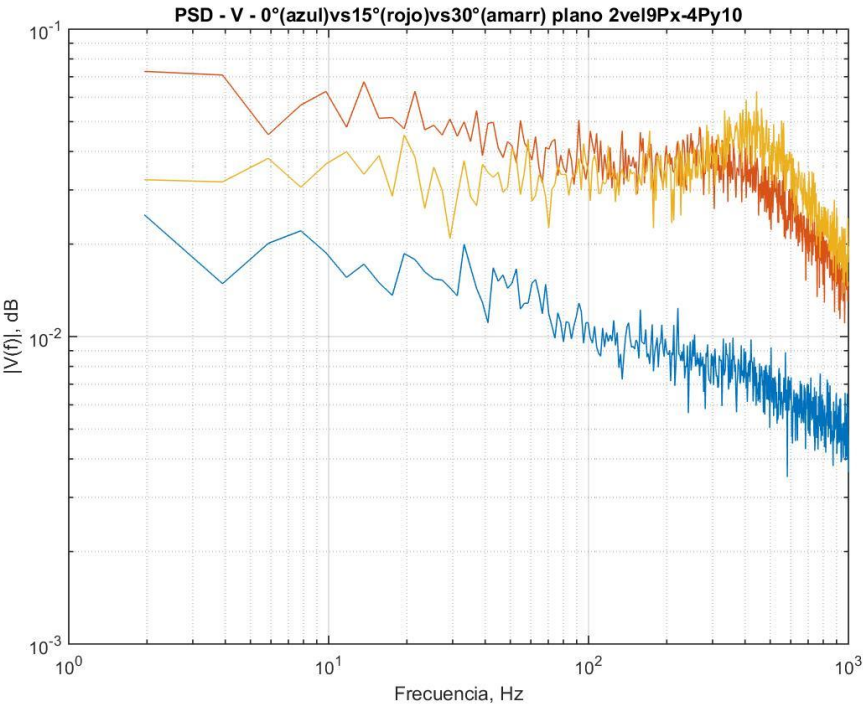


Figura 138: PSD para 0°, 15° y 30°



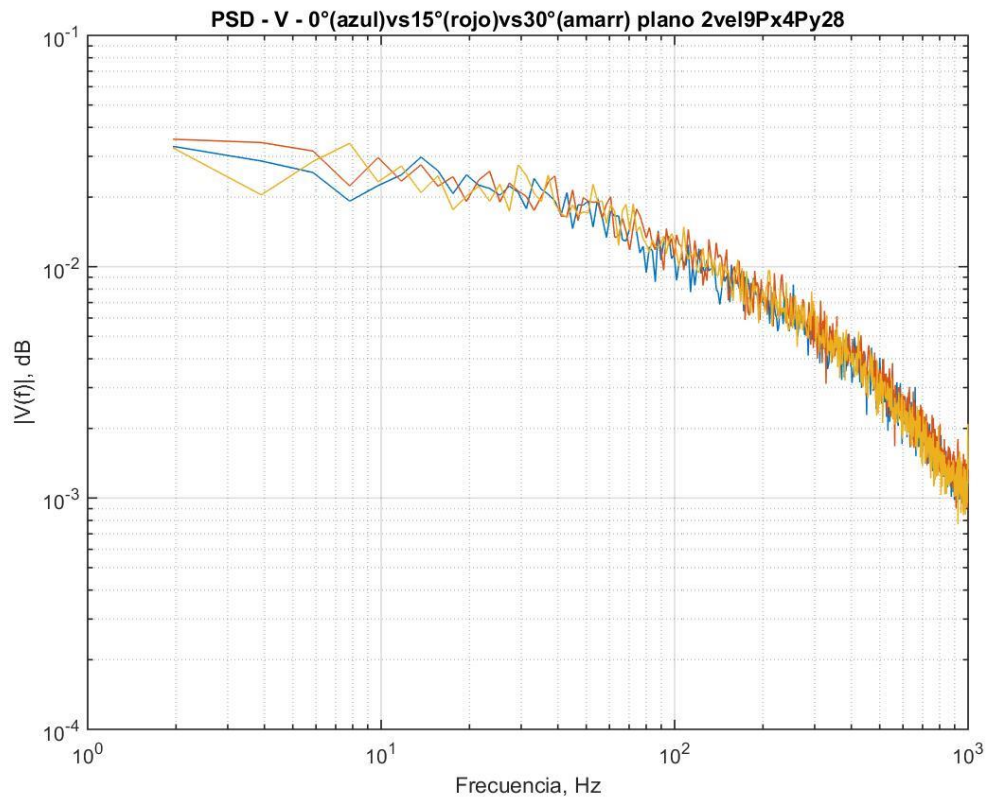


Figura 139: PSD para 0°, 15° y 30°

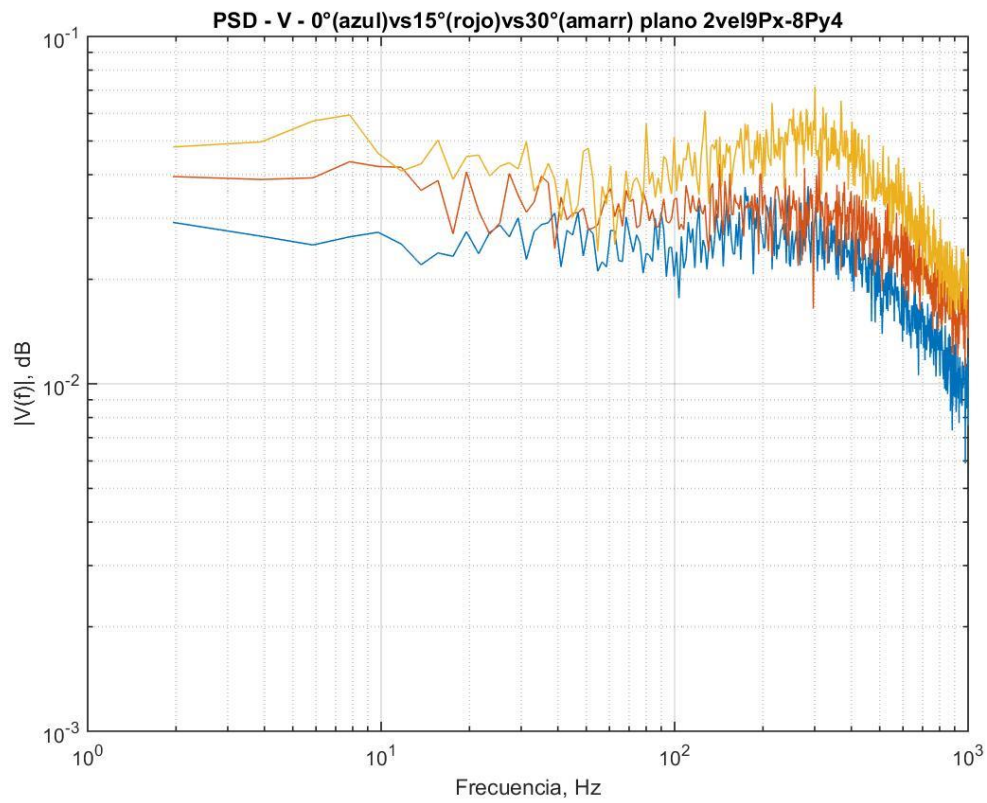


Figura 140: PSD para 0°, 15° y 30°

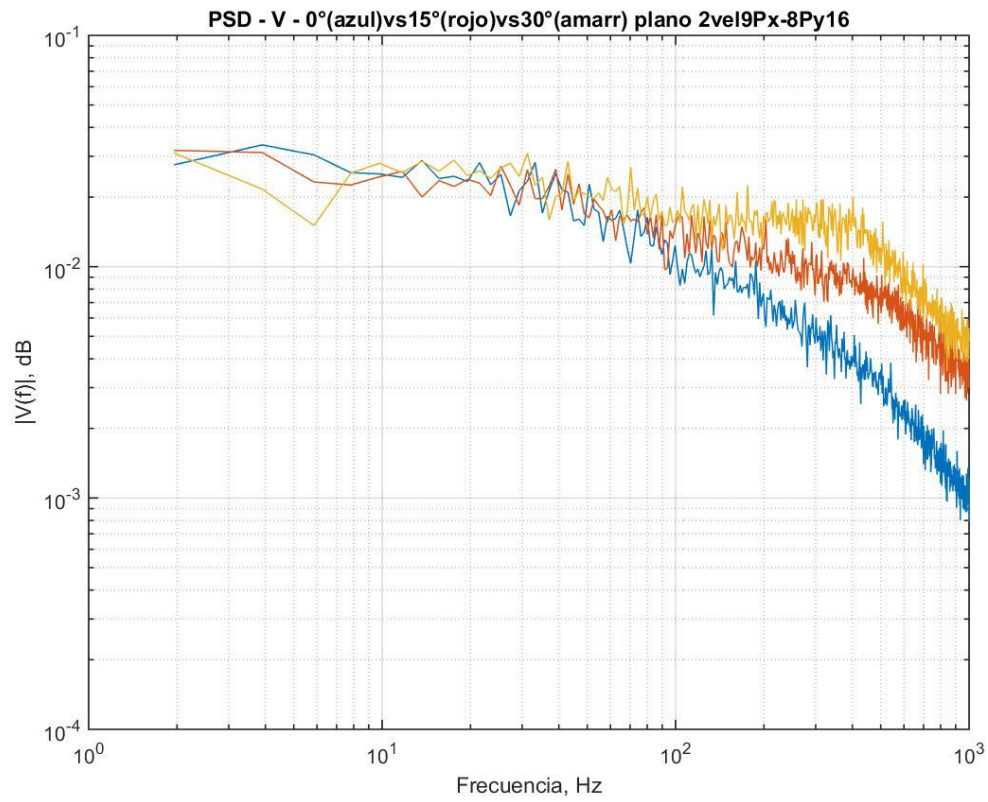


Figura 141: PSD para 0°, 15° y 30°

Los siguientes gráficos de PSD fueron seleccionados siguiendo como referencia la figura 98, 99 y 100.

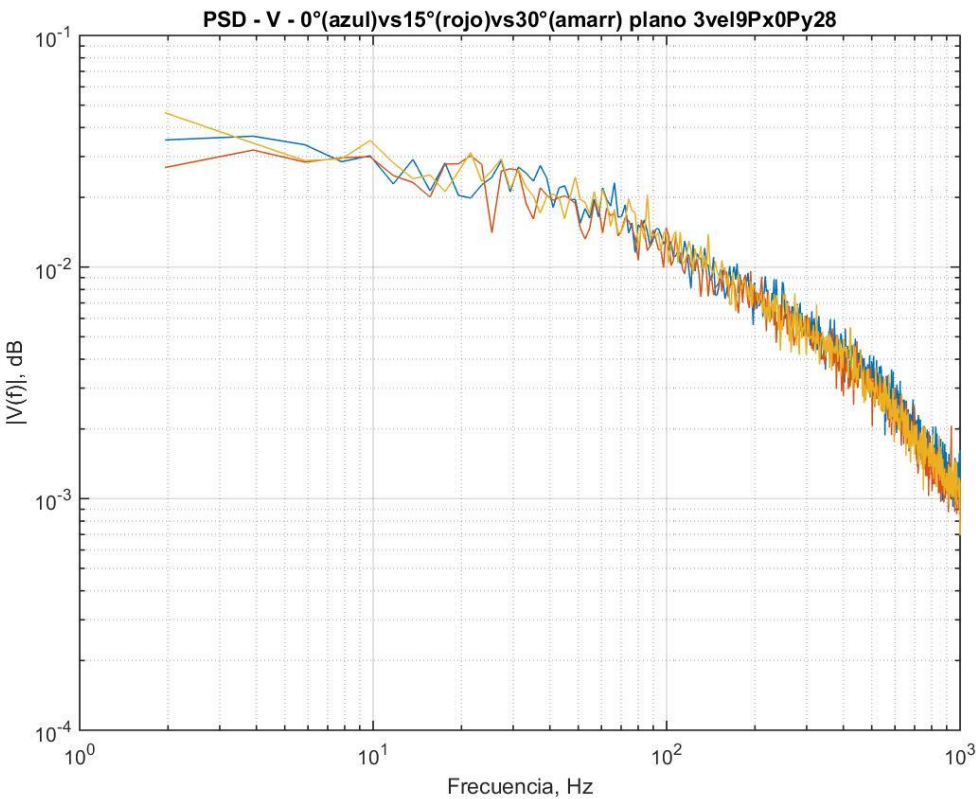


Figura 142: PSD para 0°, 15° y 30°

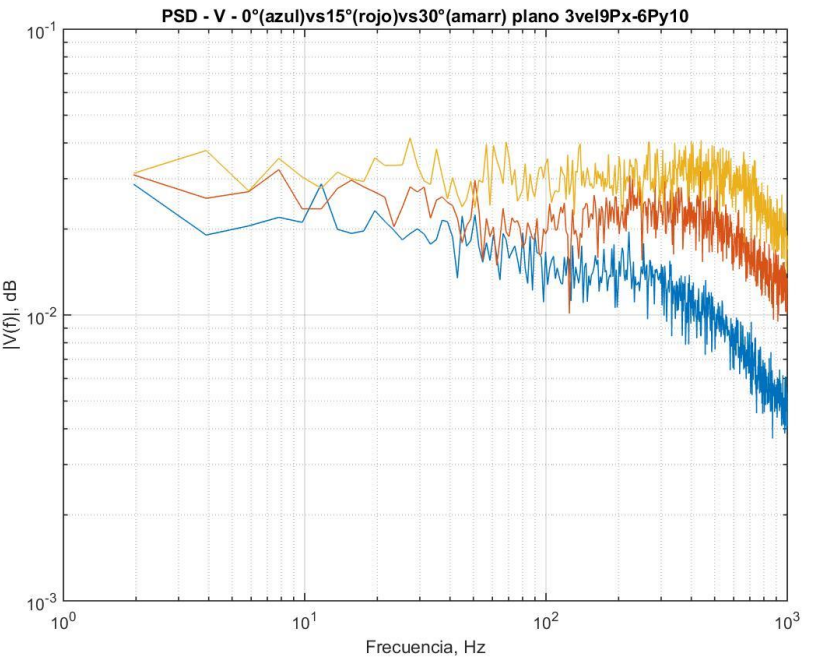


Figura 143: PSD para 0°, 15° y 30°

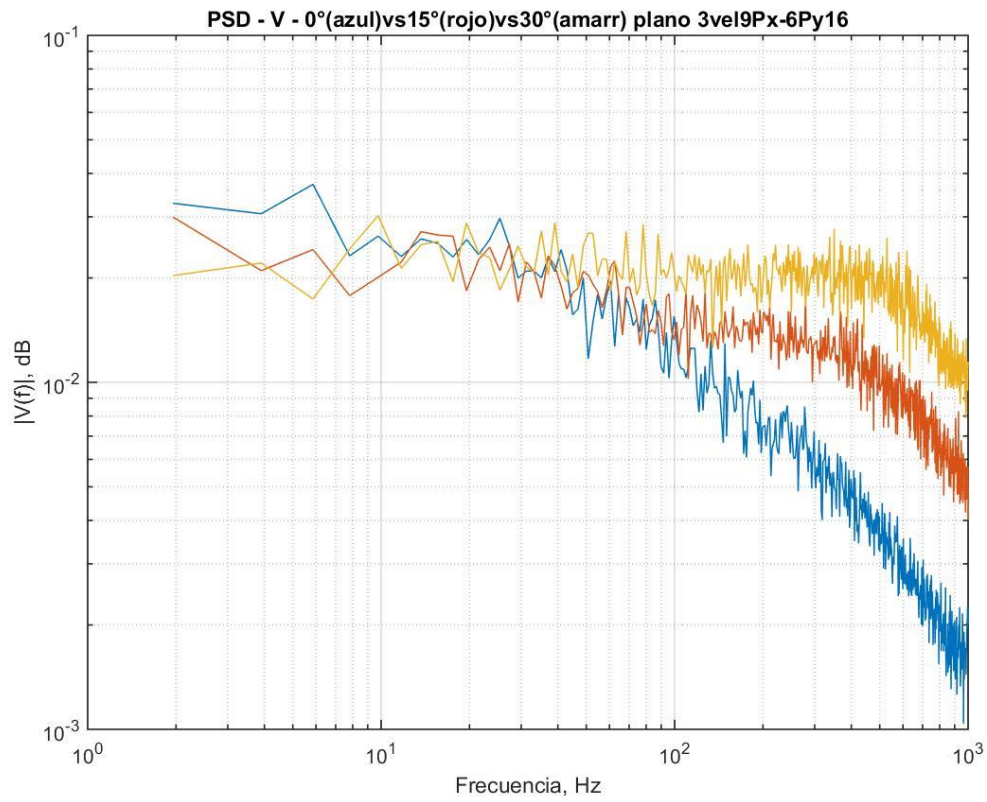


Figura 144: PSD para 0°, 15° y 30°

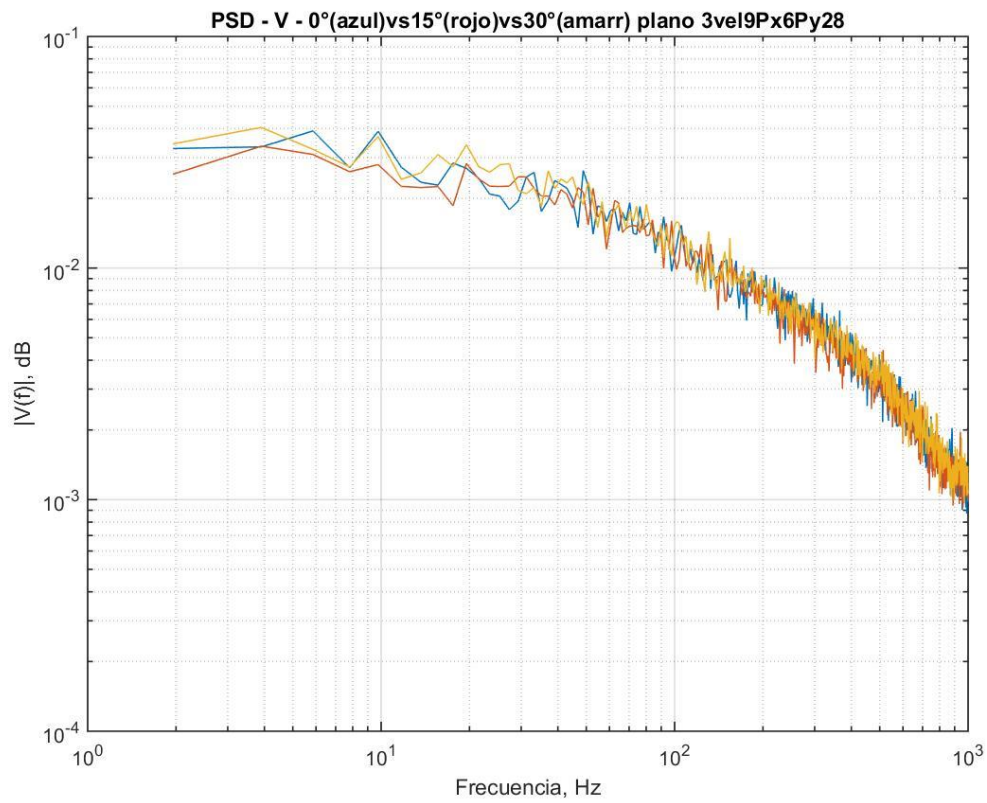


Figura 145: PSD para 0°, 15° y 30°



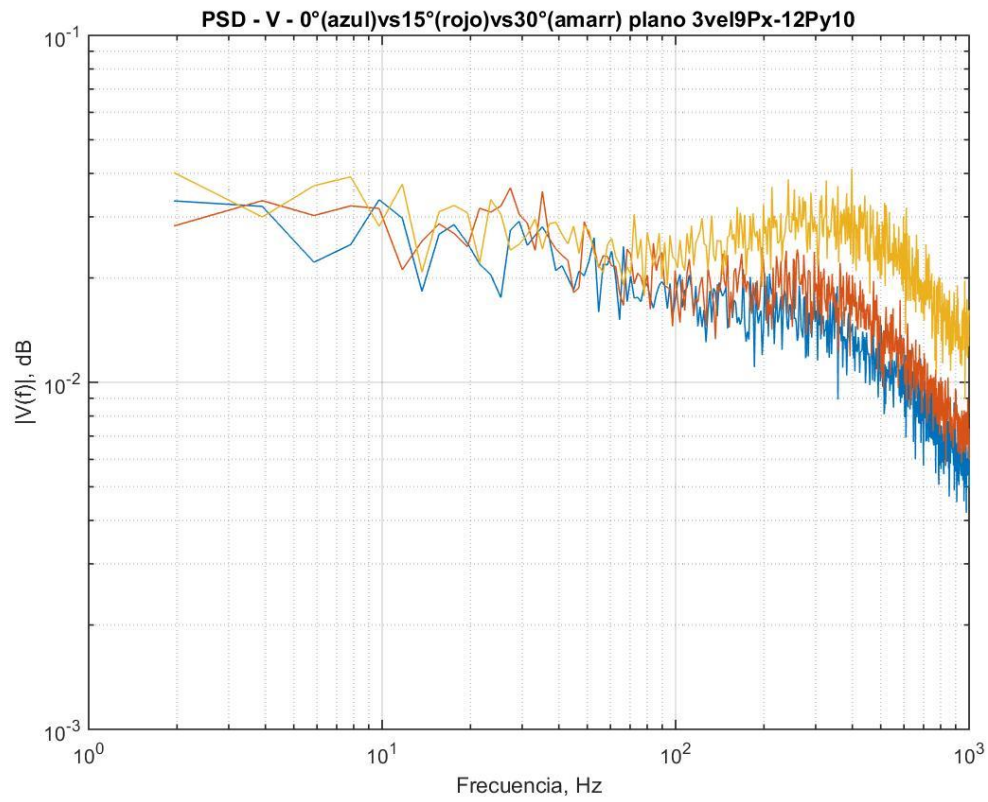


Figura 146: PSD para 0°, 15° y 30°

Los siguientes gráficos de PSD fueron seleccionados siguiendo como referencia la figura 104, 105 y 106.

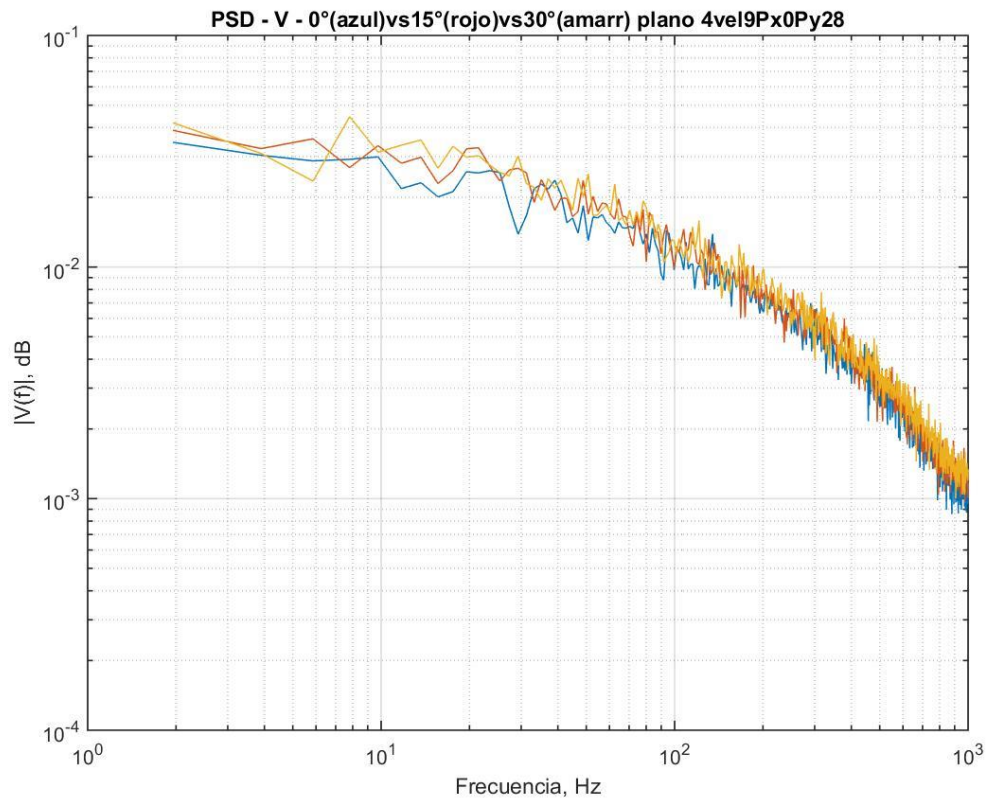


Figura 147: PSD para 0°, 15° y 30°

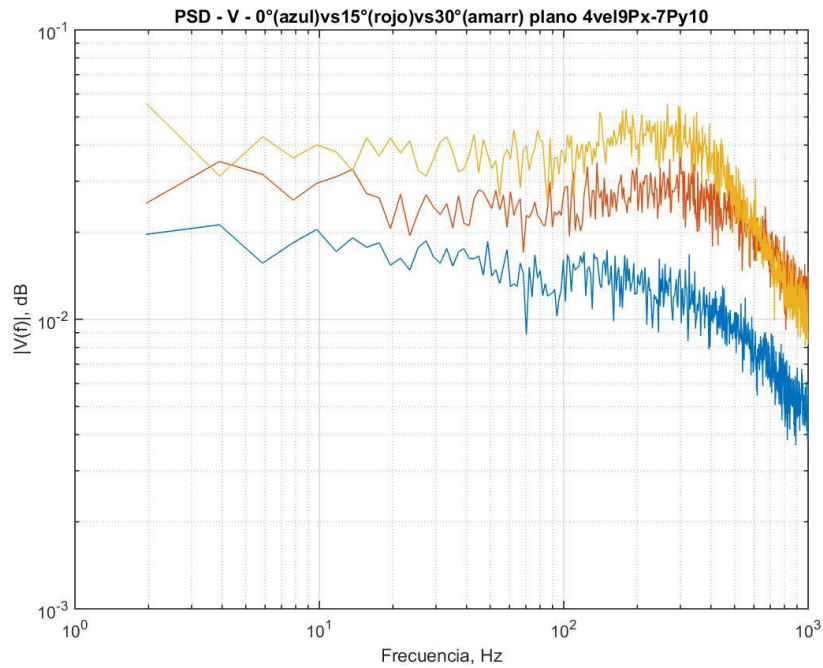


Figura 148: PSD para 0°, 15° y 30°

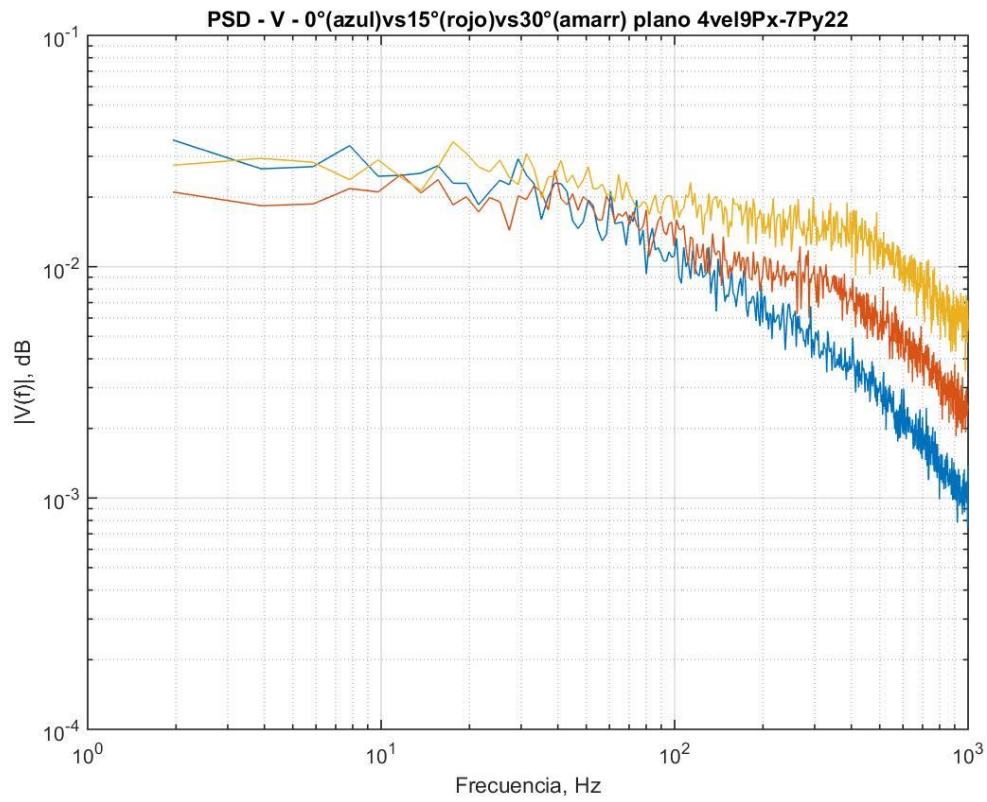


Figura 149: PSD para 0°, 15° y 30°

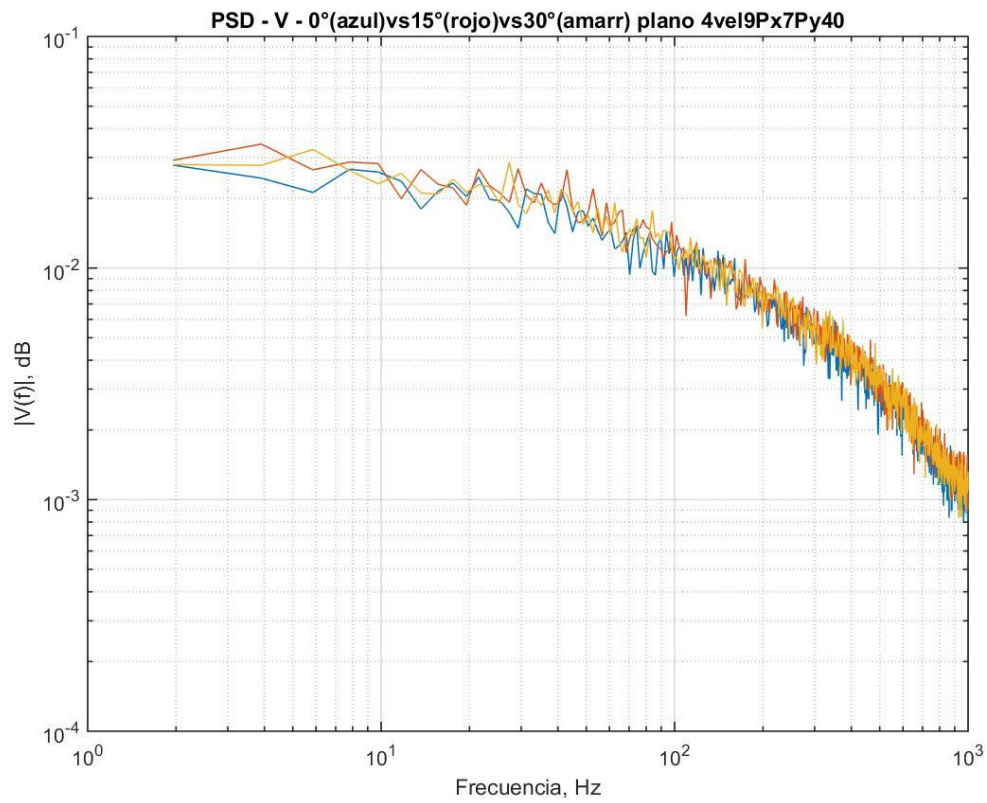


Figura 150: PSD para 0°, 15° y 30°

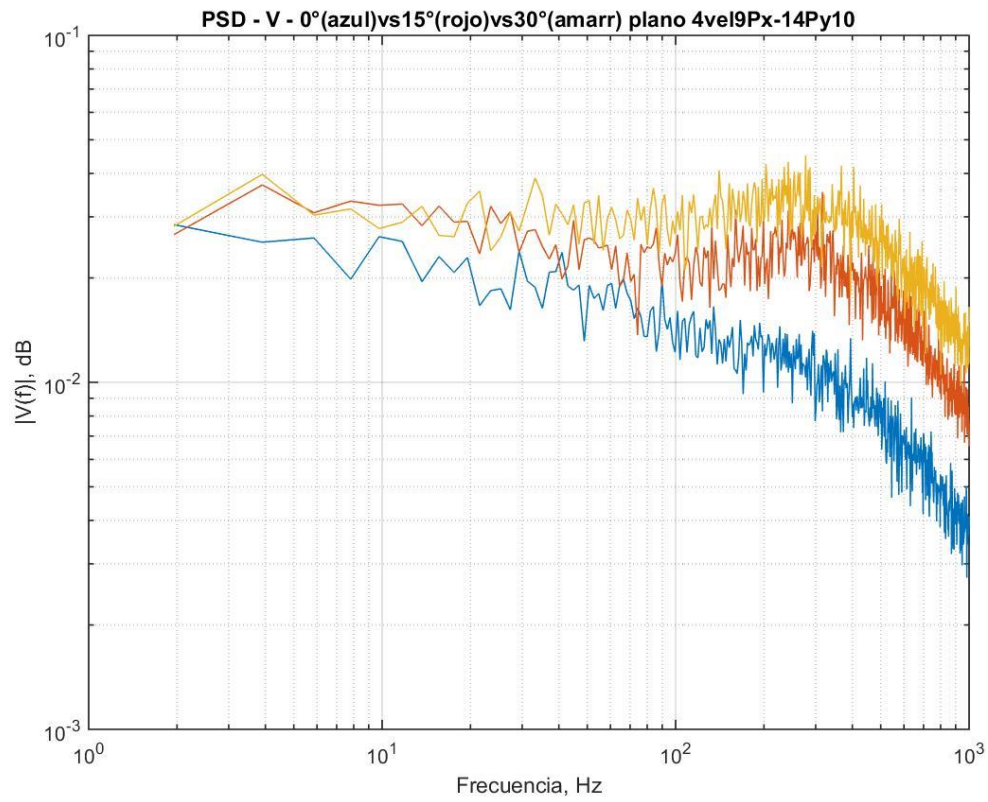


Figura 151: PSD para 0°, 15° y 30°

## Zona de influencia

Se denomina zona de influencia del GV a la zona conformada por los puntos, en los distintos planos, en los cuales las variables que caracterizan la turbulencia del flujo sufren variaciones considerables, de acuerdo a un determinado criterio.

Estas variables son la IT, la escala espacial L y la energía, calculadas en los puntos de cada plano.

Para la IT el criterio utilizado consistió en tomar los puntos en los cuales se observa un incremento de al menos un 5% tomando como referencia la condición en la cual el GV se encuentra a 0°.

En el caso de la escala espacial el criterio es diferente, como se vio en la sección *ESCALA ESPACIAL* el tamaño del vórtice característico creado por el GV posee un valor aproximado de 1 cm y en las zonas donde no estaría influyendo de manera importante el tamaño del vórtice es de 3 cm o más. Teniendo en cuenta esto último se establece un criterio en el cual se considera zona de influencia, referida a la escala espacial, a los puntos del plano donde el tamaño del vórtice característico sufre un decremento en su valor de, al menos, un 50% con respecto a la condición de 0°.

Con respecto a la energía se observó, en la sección *PSD*, que los puntos donde esta aumenta se corresponden a los puntos donde la IT se incrementa. Por lo dicho se dice que la zona de influencia, en referencia a la energía, es igual a la obtenida para la IT.

Con todo este análisis se podrá cuantificar la zona de influencia de cada variable lo cual nos brindara un medio para poder caracterizar la estela producida por el GV para cada condición.

A continuación se representa gráficamente, para todos los planos, las zonas donde la IT se incrementa un 5% o más con respecto a la condición de 0°. Esta zona se encuentra en color amarillo.

Como aclaración se comenta que solo se está representando los puntos donde se incrementa la IT y no el valor de la misma.

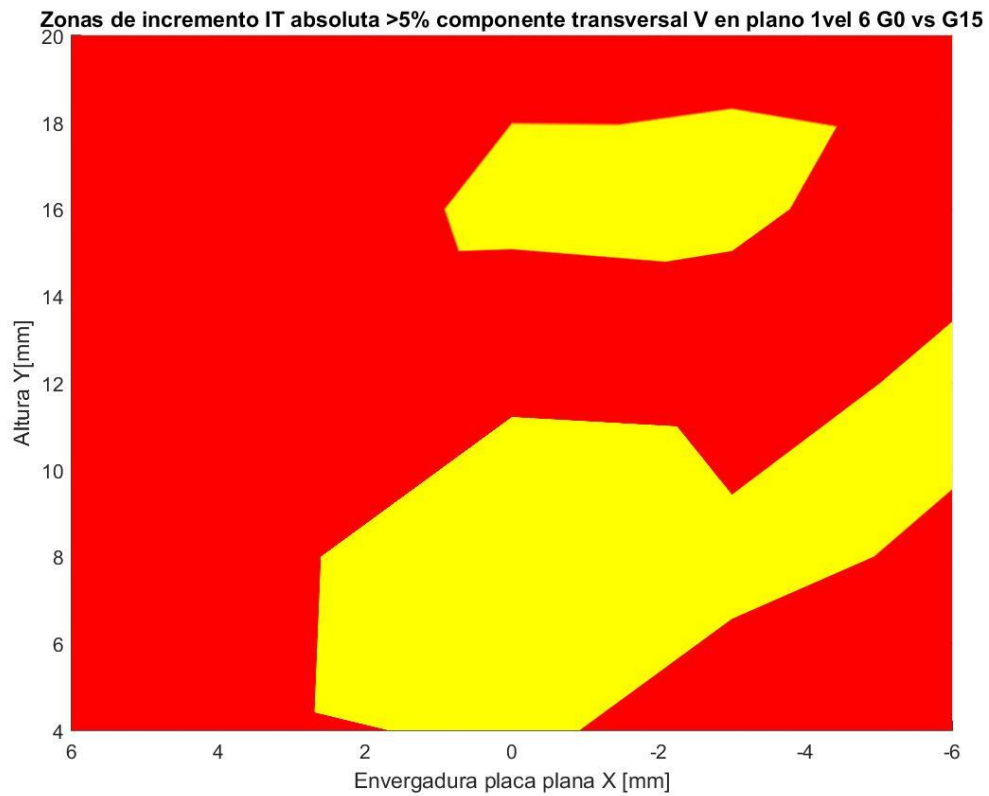


Figura 152: Zona de influencia para la IT

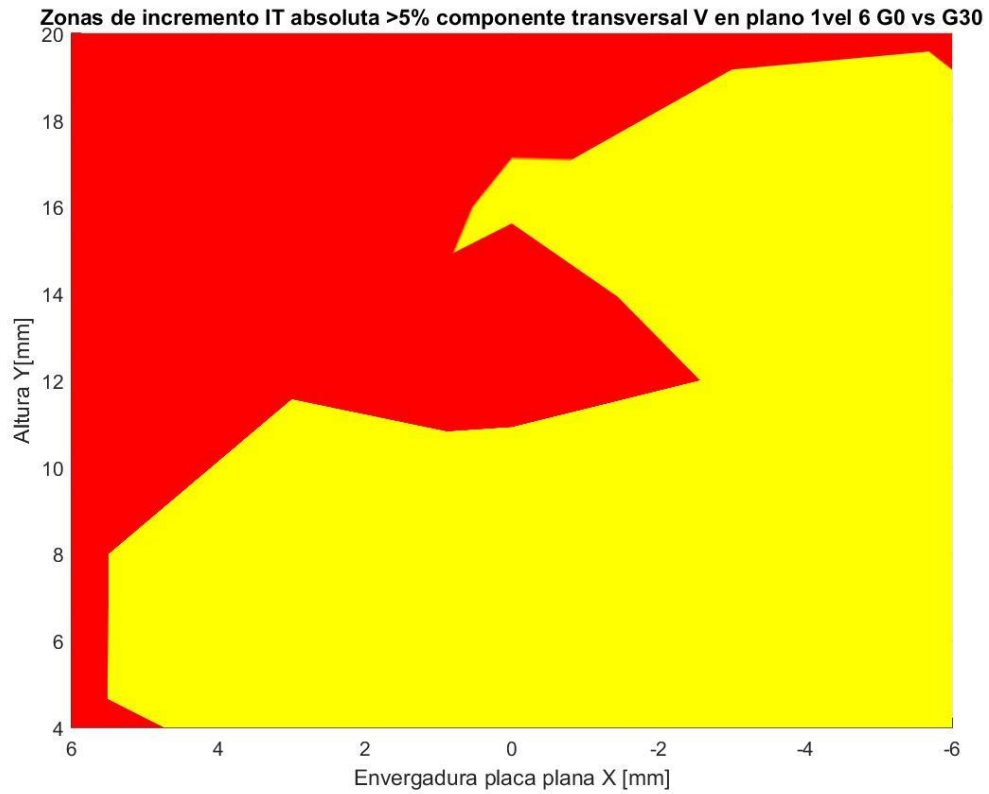


Figura 153: Zona de influencia para la IT



Figura 154: Zona de influencia para la IT

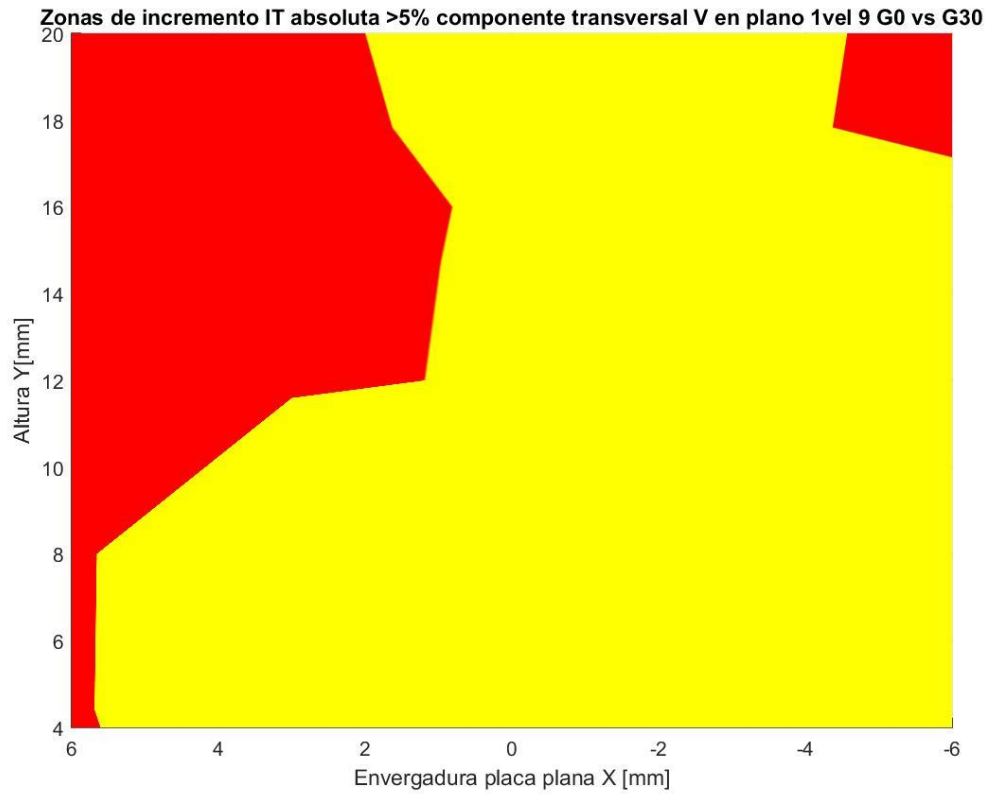


Figura 155: Zona de influencia para la IT

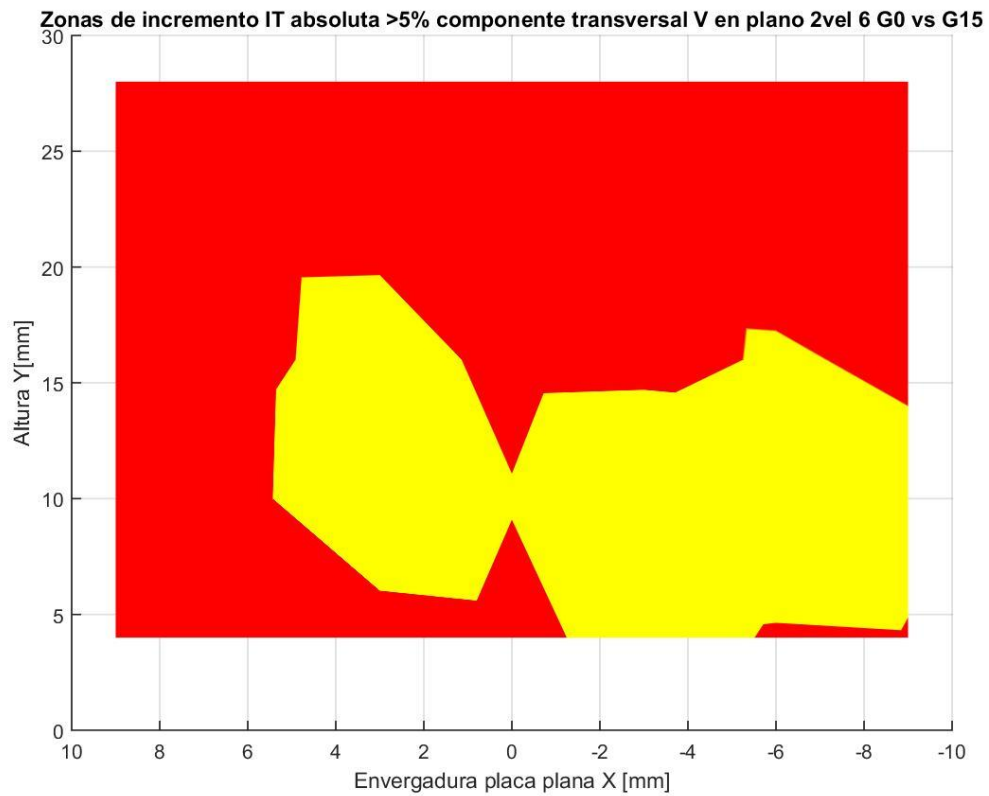


Figura 156: Zona de influencia para la IT



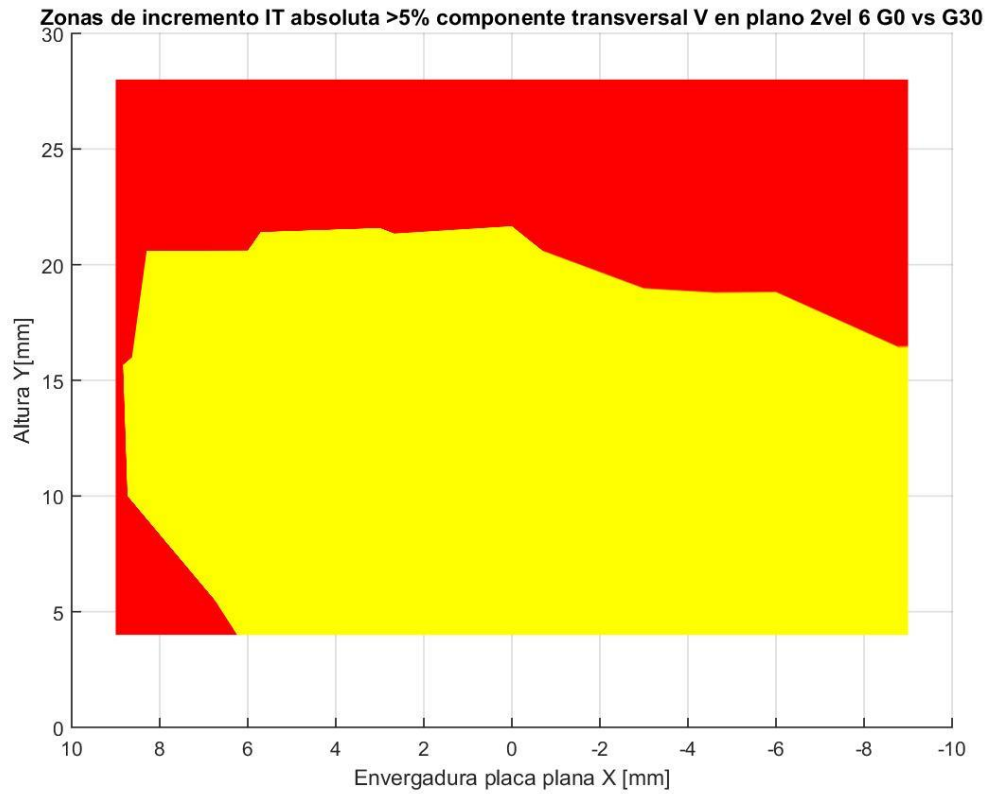


Figura 157: Zona de influencia para la IT

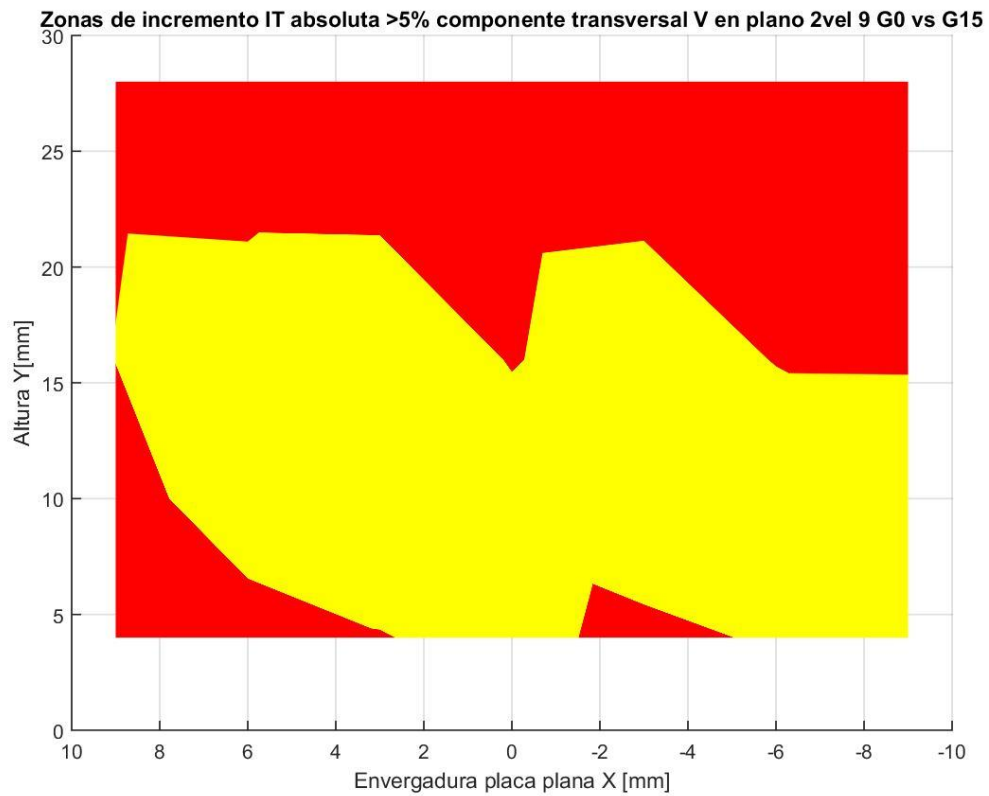


Figura 158: Zona de influencia para la IT

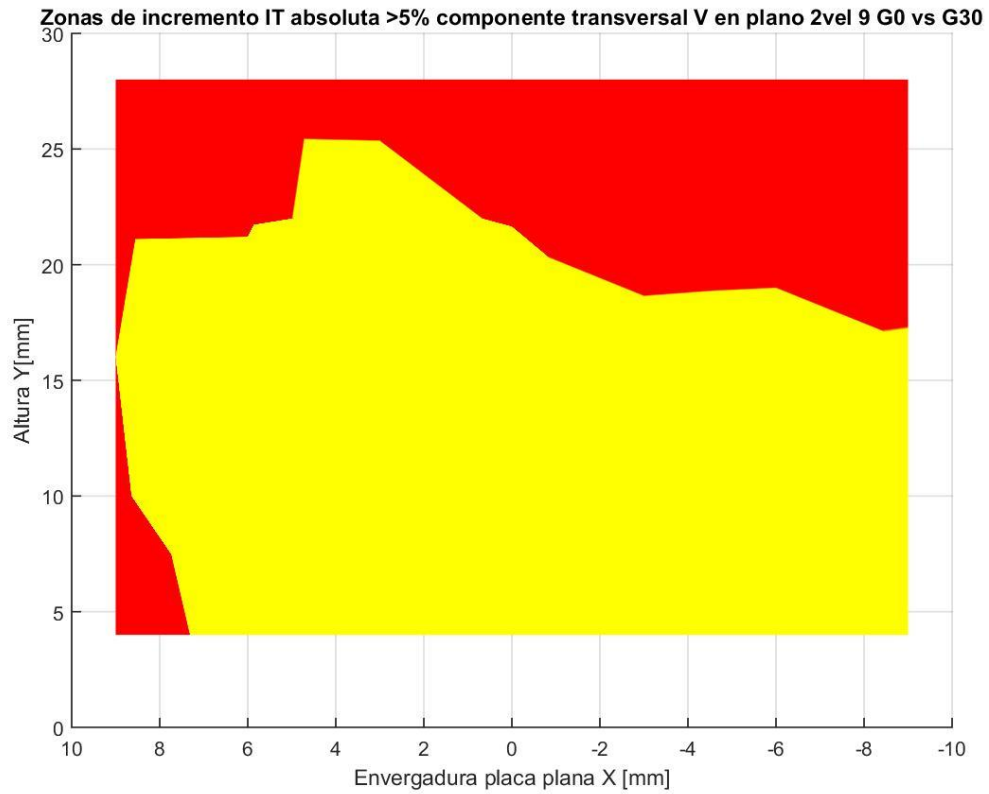


Figura 159: Zona de influencia para la IT

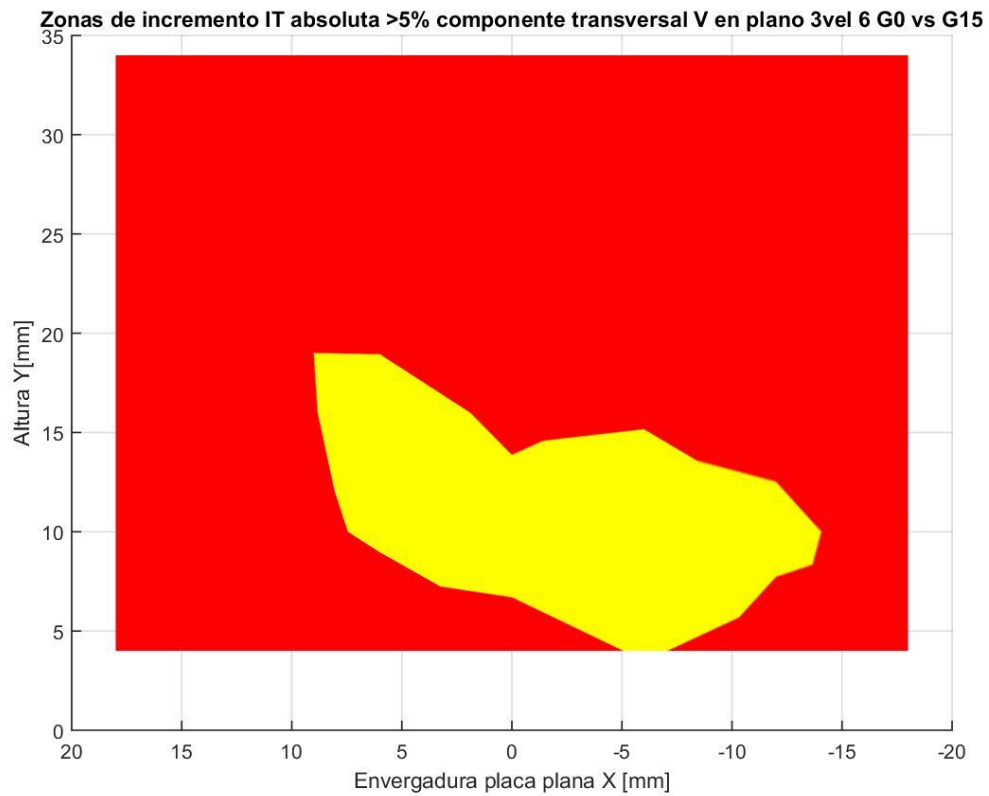


Figura 160: Zona de influencia para la IT

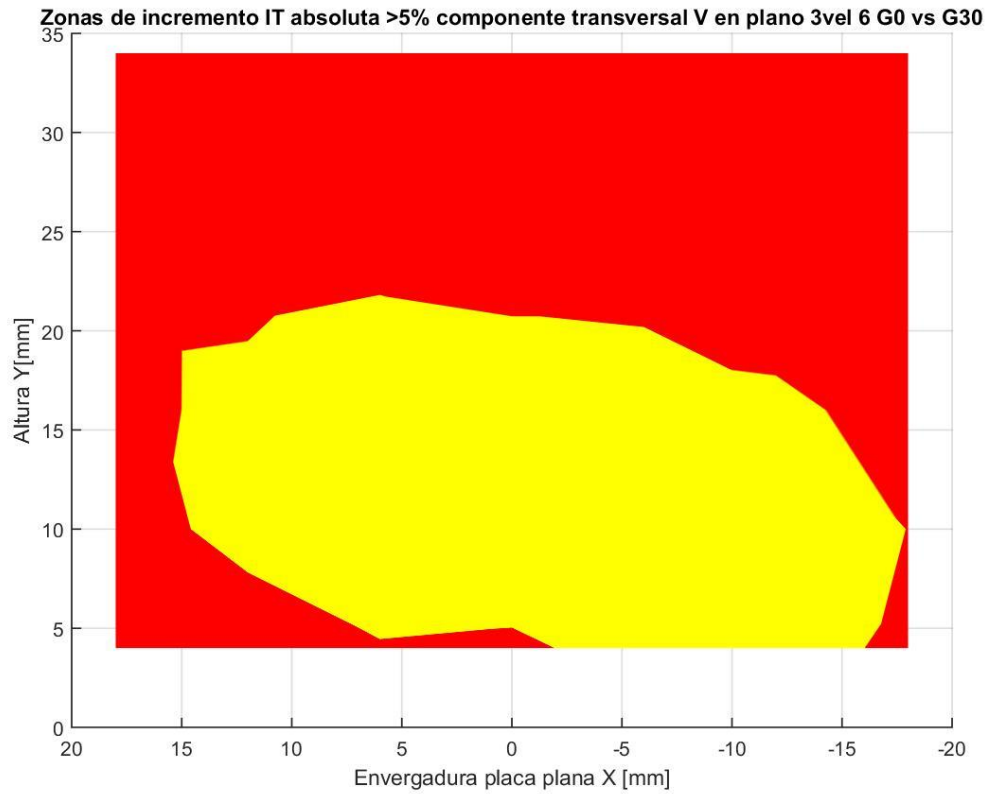


Figura 161: Zona de influencia para la IT

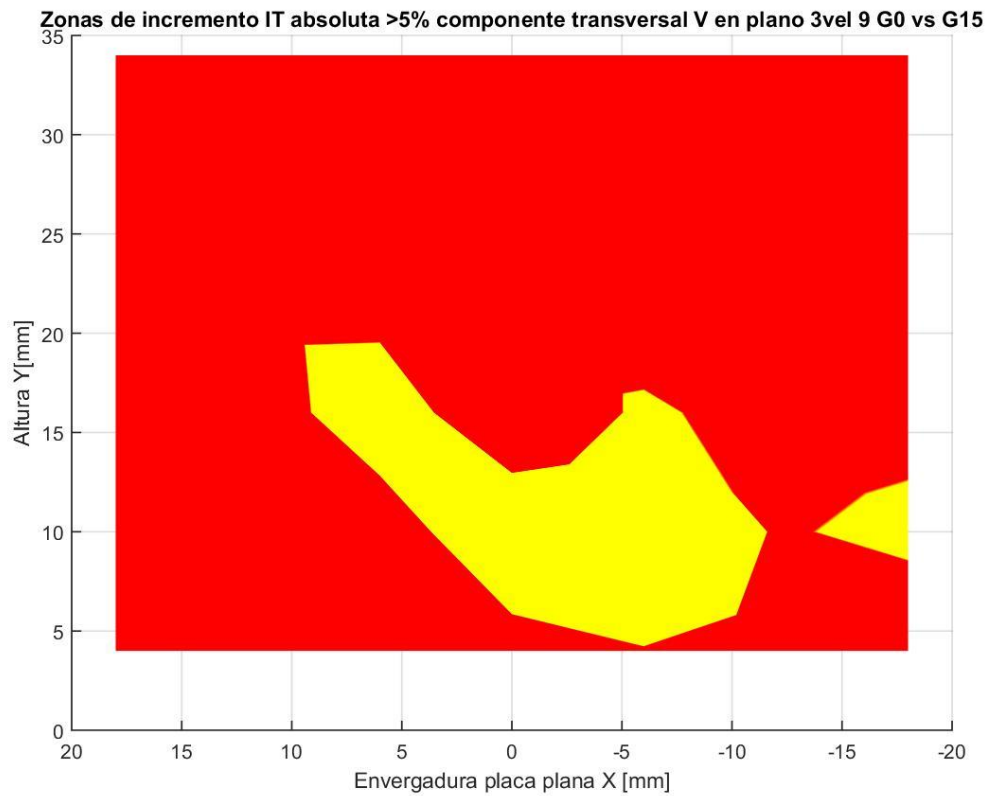


Figura 162: Zona de influencia para la IT

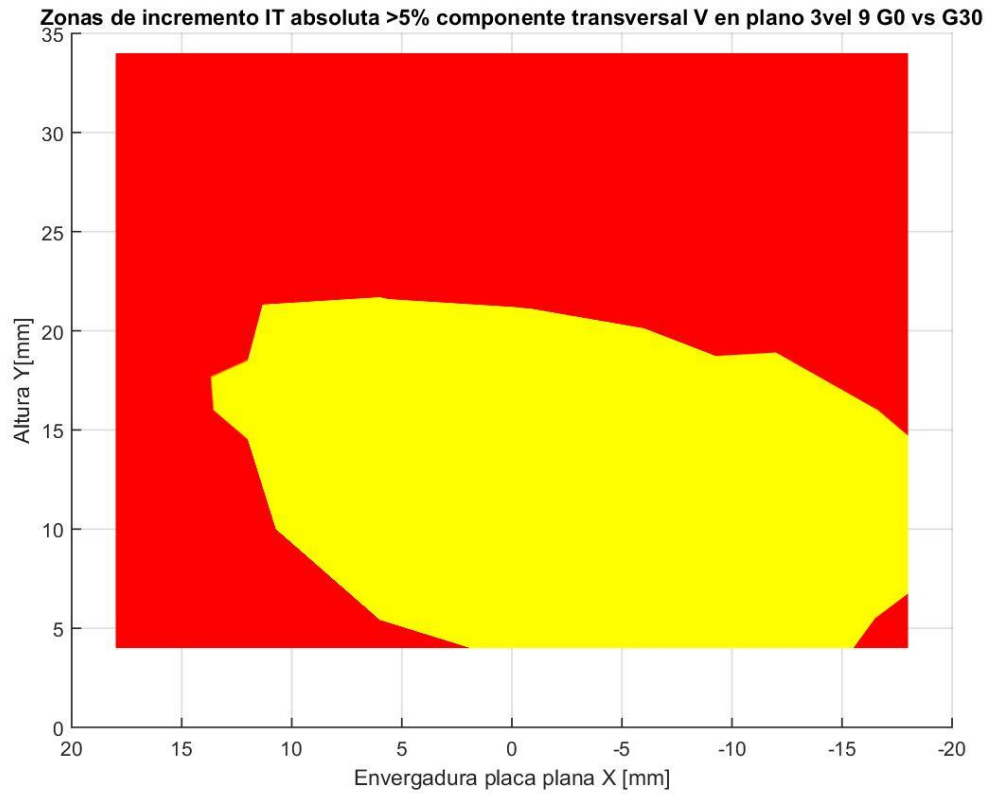


Figura 163: Zona de influencia para la IT

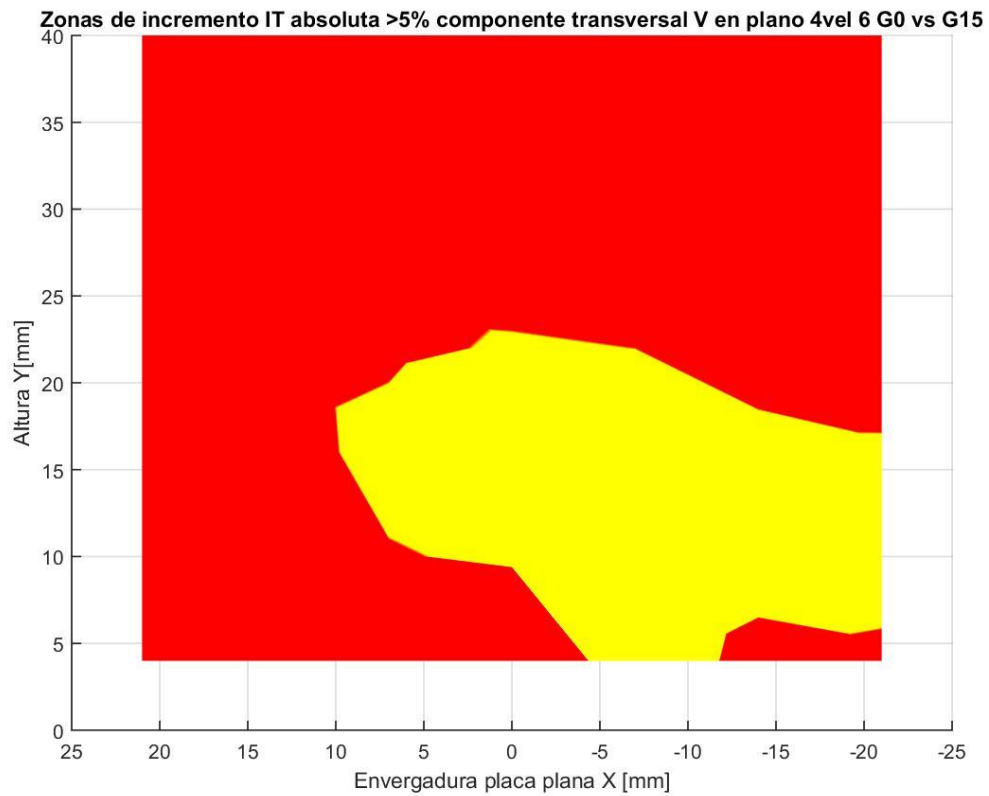


Figura 164: Zona de influencia para la IT

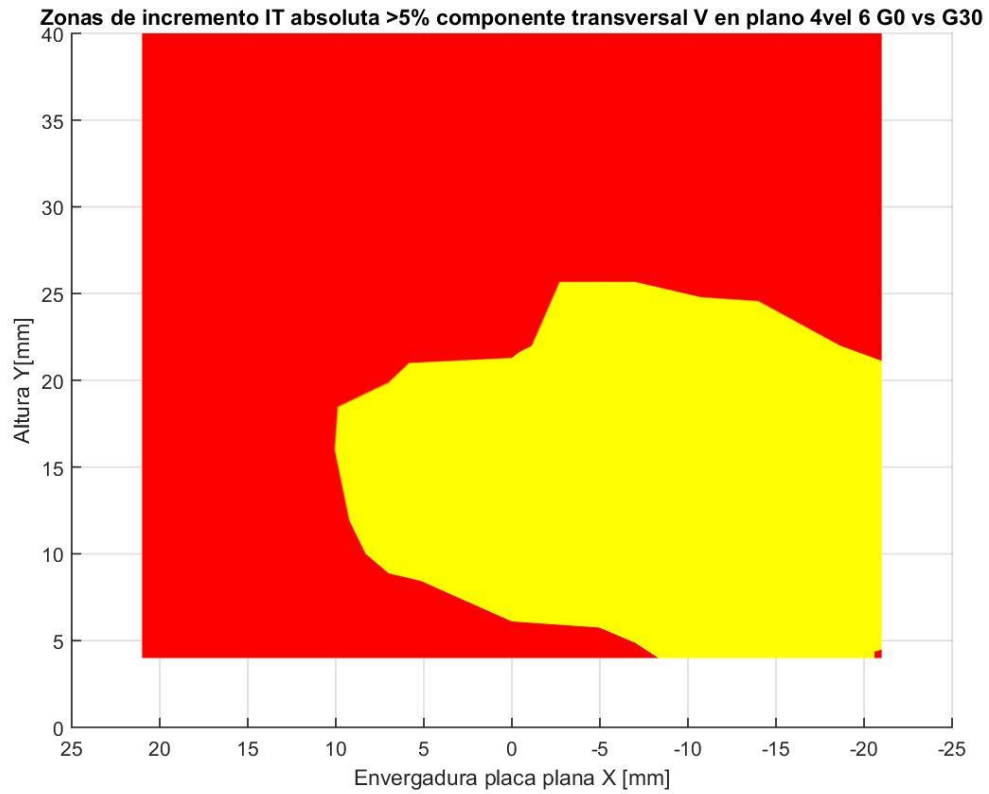


Figura 165: Zona de influencia para la IT

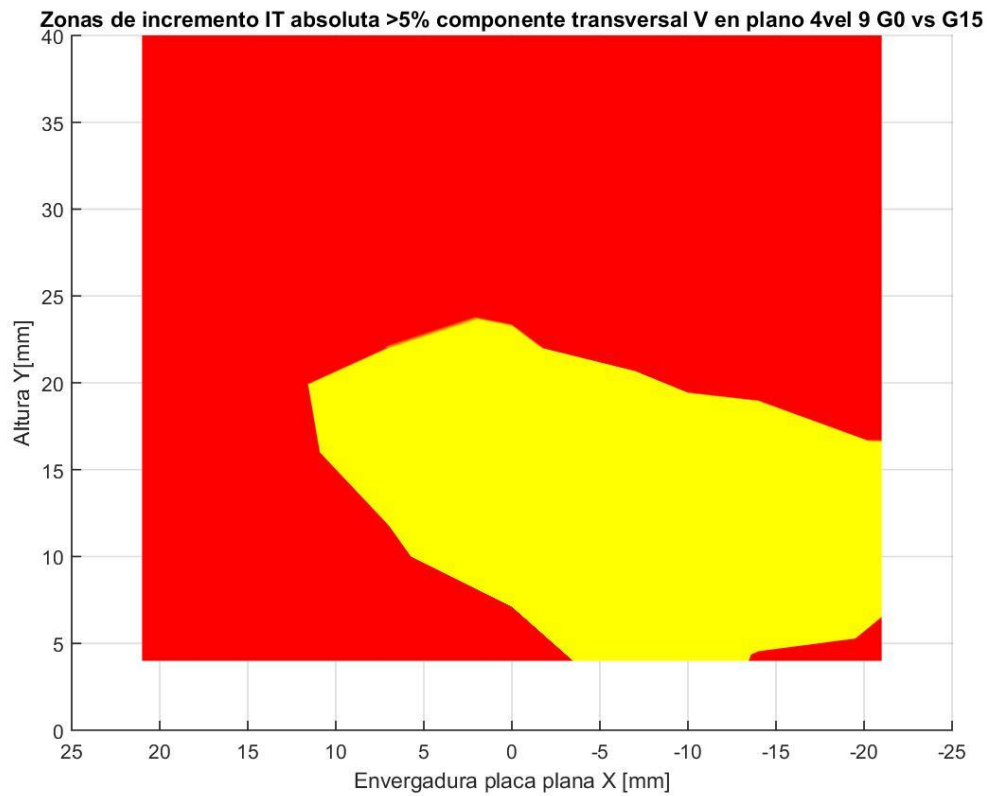
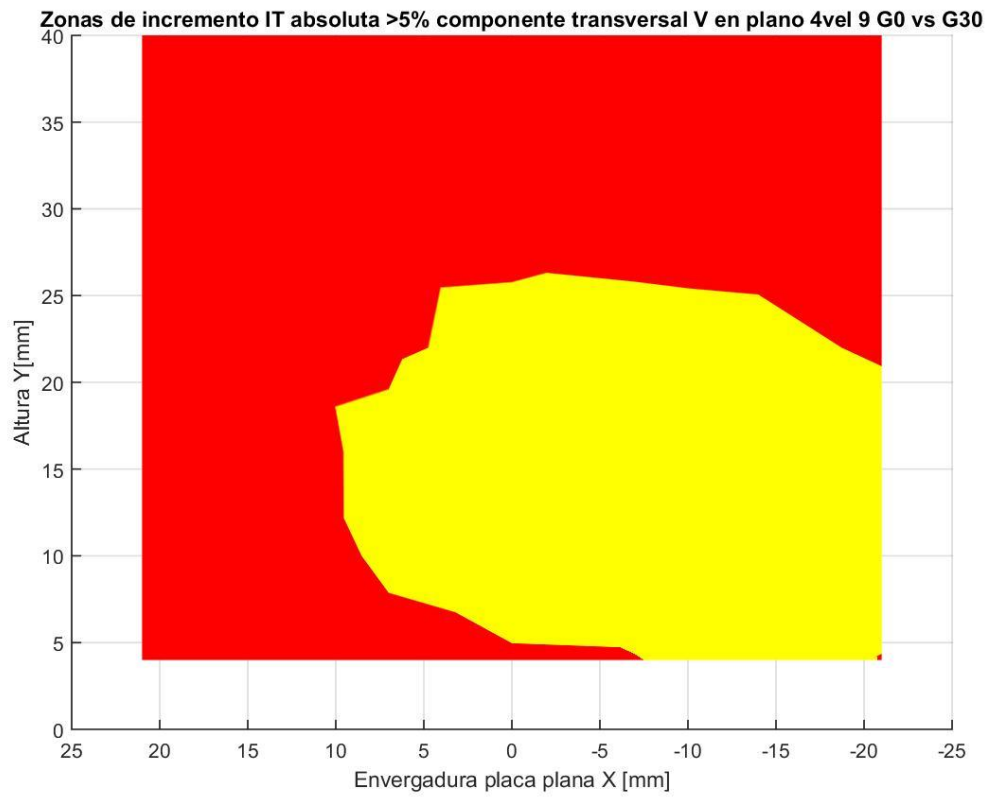


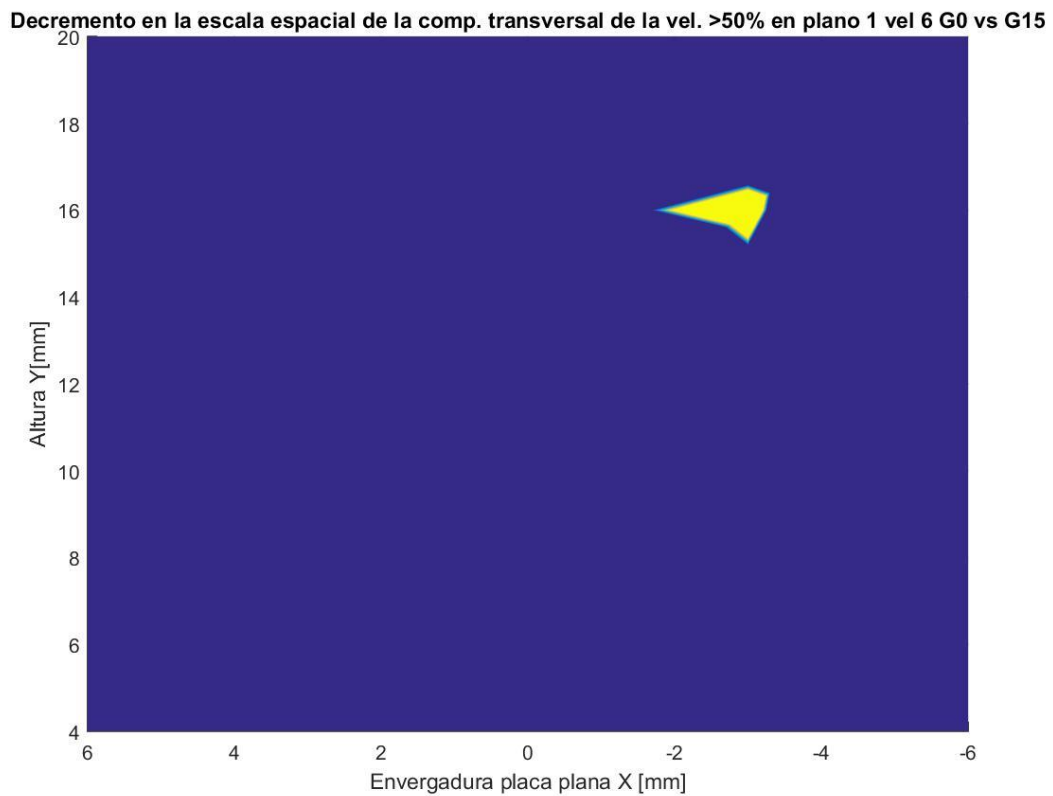
Figura 166: Zona de influencia para la IT



**Figura 167: Zona de influencia para la IT**

A continuación, siguiendo la metodología empleada para la IT, se representa gráficamente la zona de influencia correspondiente a la escala espacial de la turbulencia. Nuevamente el color amarillo representara a la misma.

Cabe aclarar, igual que el caso anterior, que solo se está representando el tamaño de la zona de influencia y no el valor en sí de la escala espacial.



**Figura 168: Zona de influencia de la escala espacial**

Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 1 vel 6 G0 vs G30

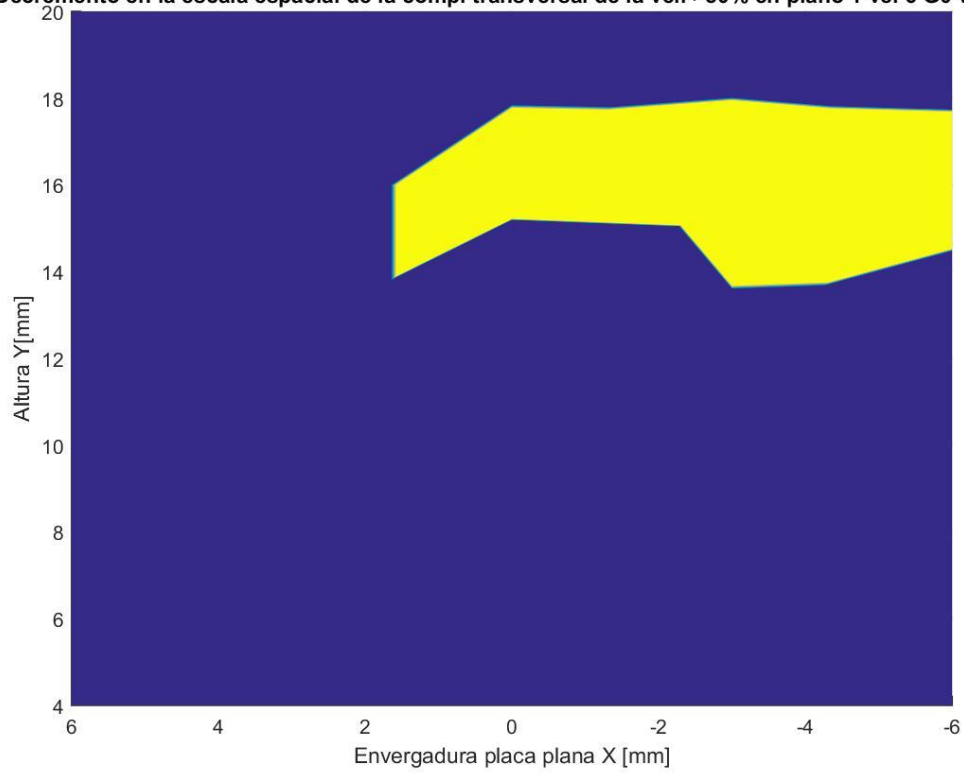


Figura 169 Zona de influencia de la escala espacial

Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 1 vel 9 G0 vs G15

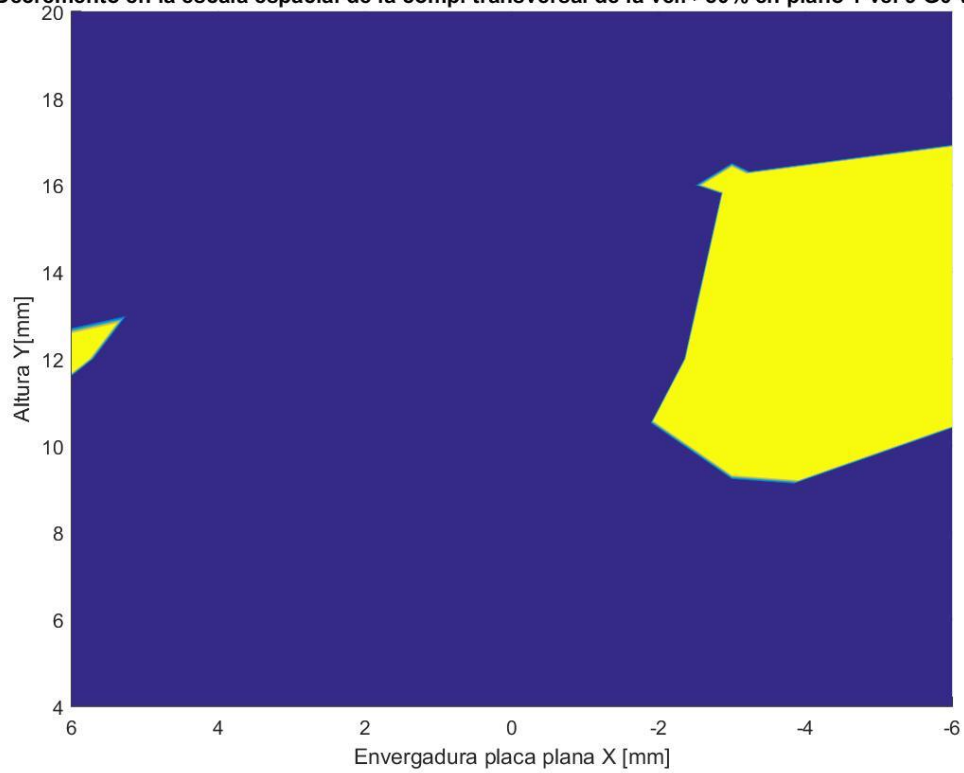


Figura 170 Zona de influencia de la escala espacial



Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 1 vel 9 G0 vs G30

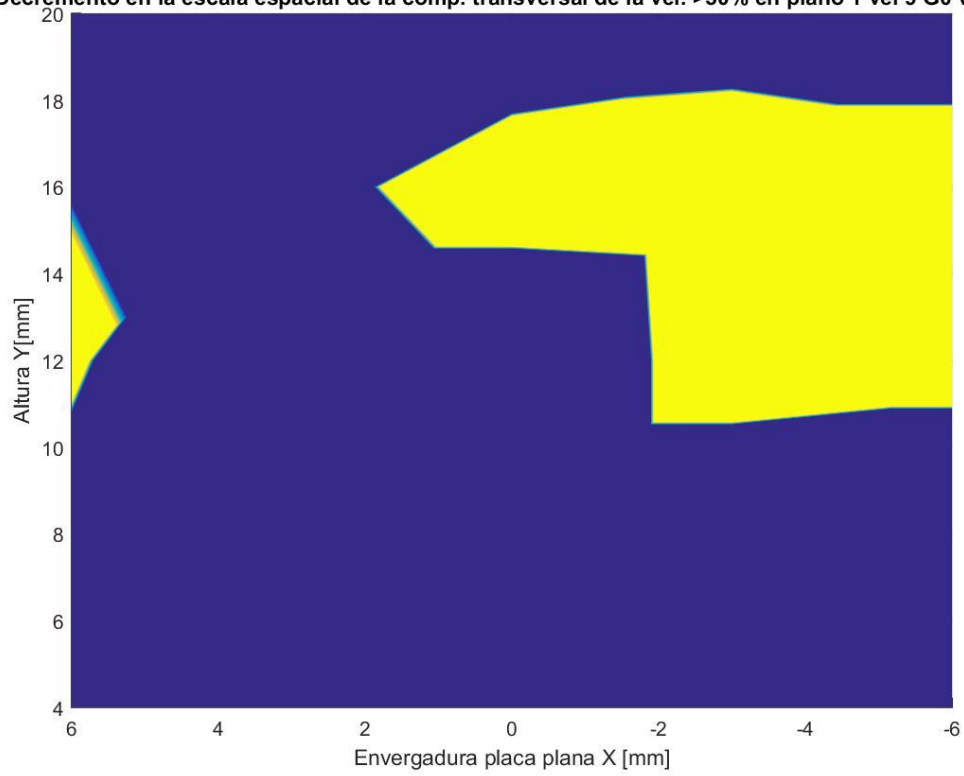


Figura 171 Zona de influencia de la escala espacial

Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 2 vel 6 G0 vs G15

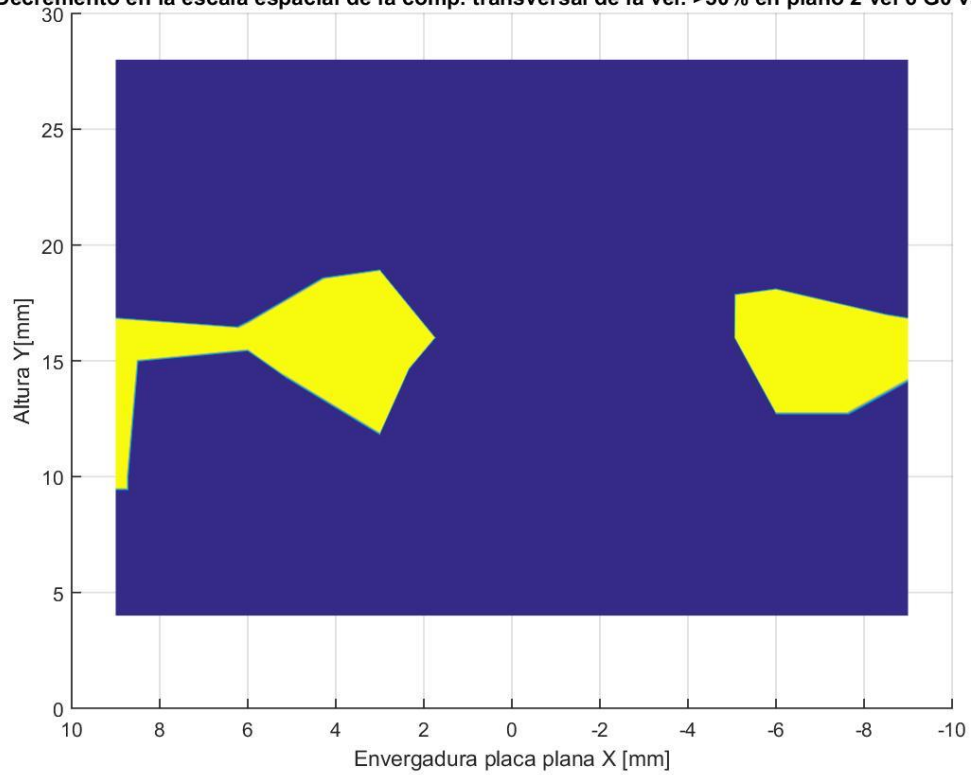


Figura 172 Zona de influencia de la escala espacial

Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 2 vel 6 G0 vs G30

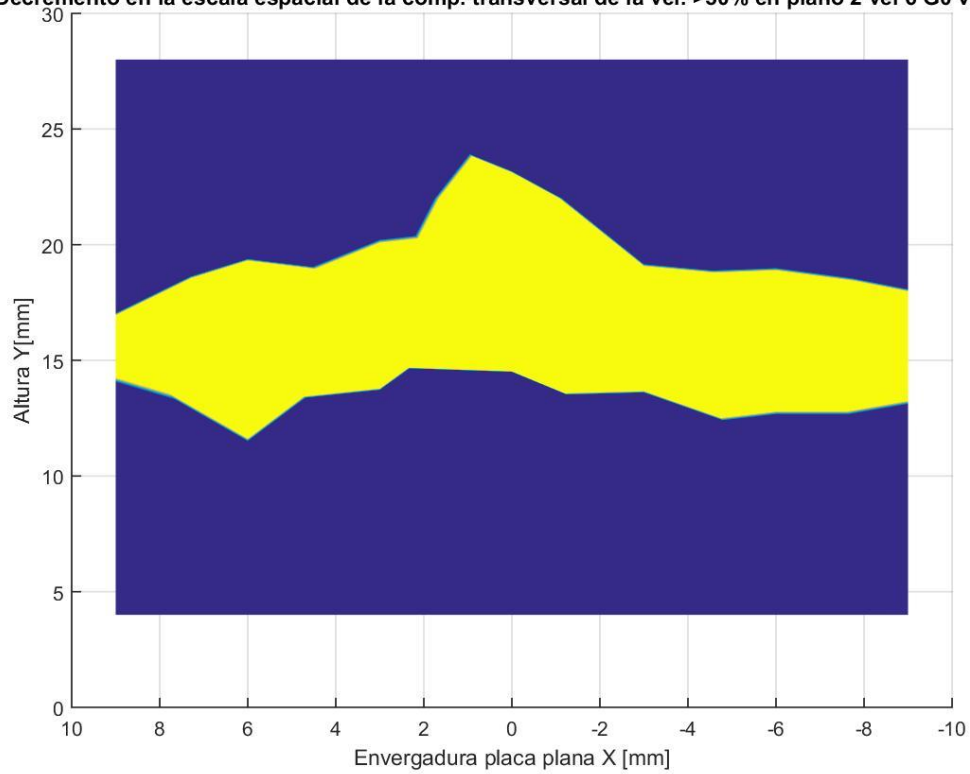


Figura 173 Zona de influencia de la escala espacial

Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 2 vel 9 G0 vs G15

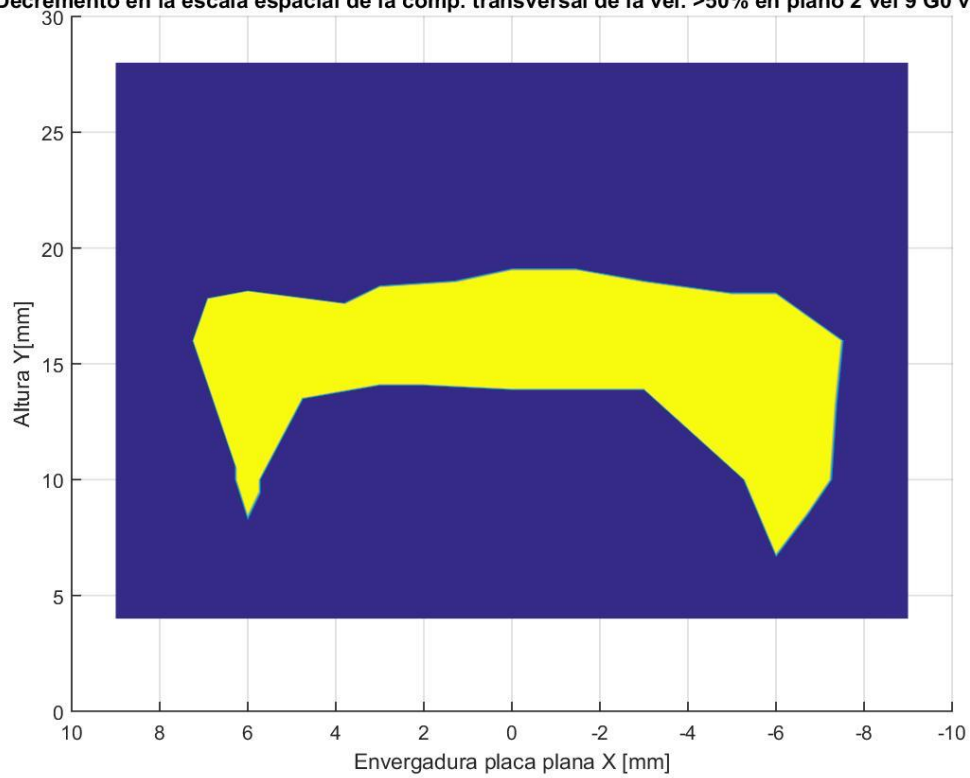
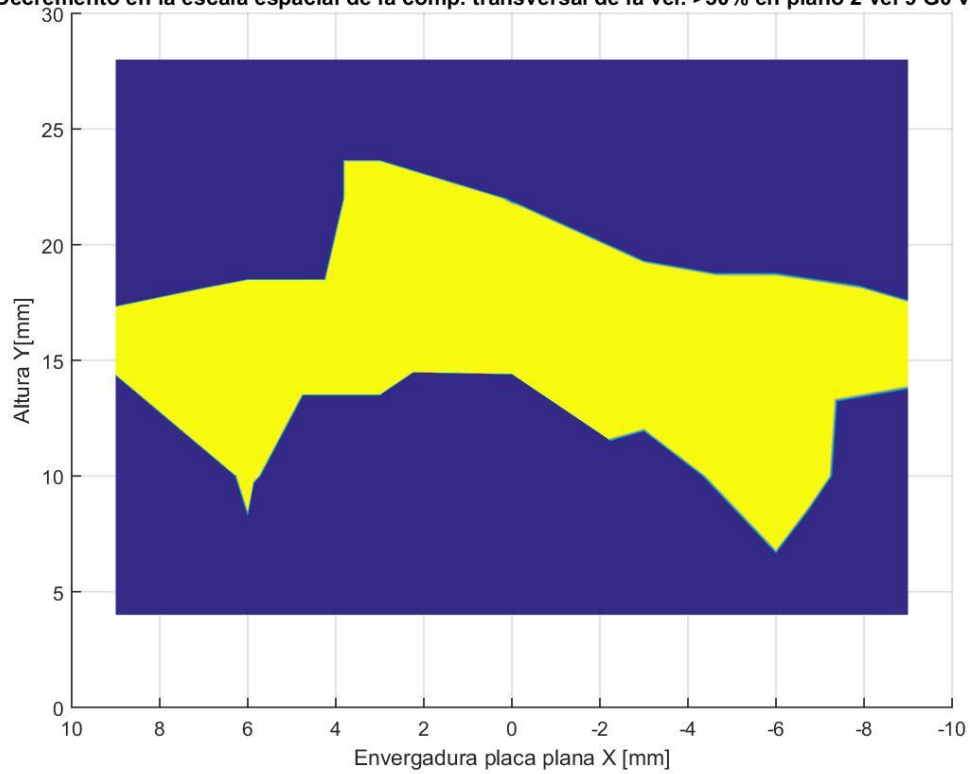


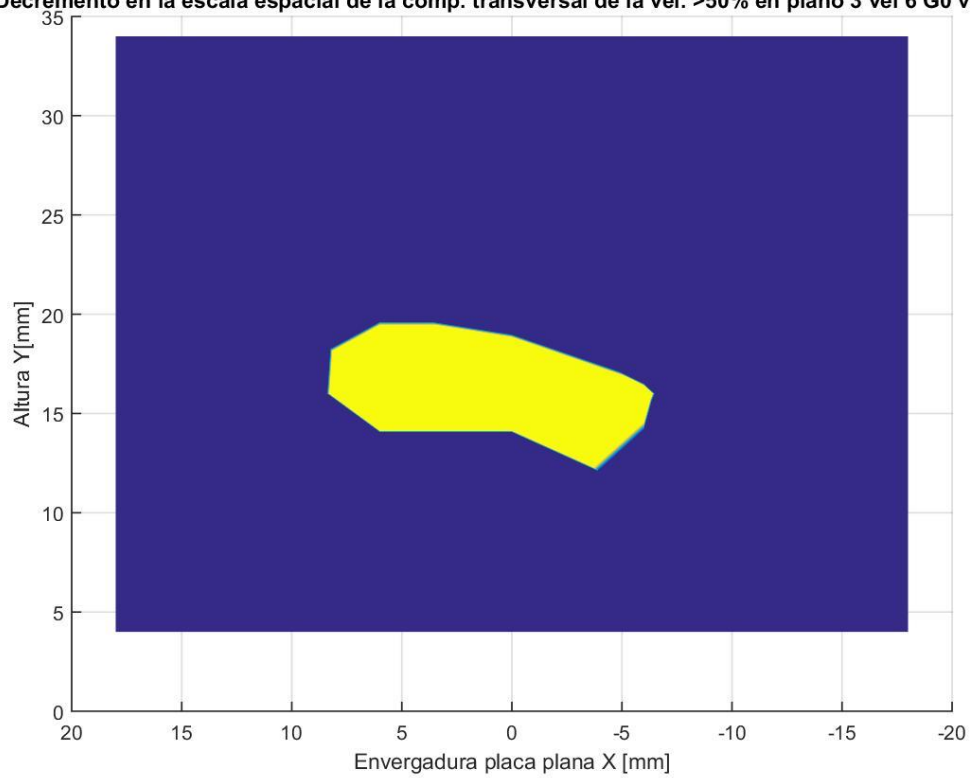
Figura 174 Zona de influencia de la escala espacial

**Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 2 vel 9 G0 vs G30**



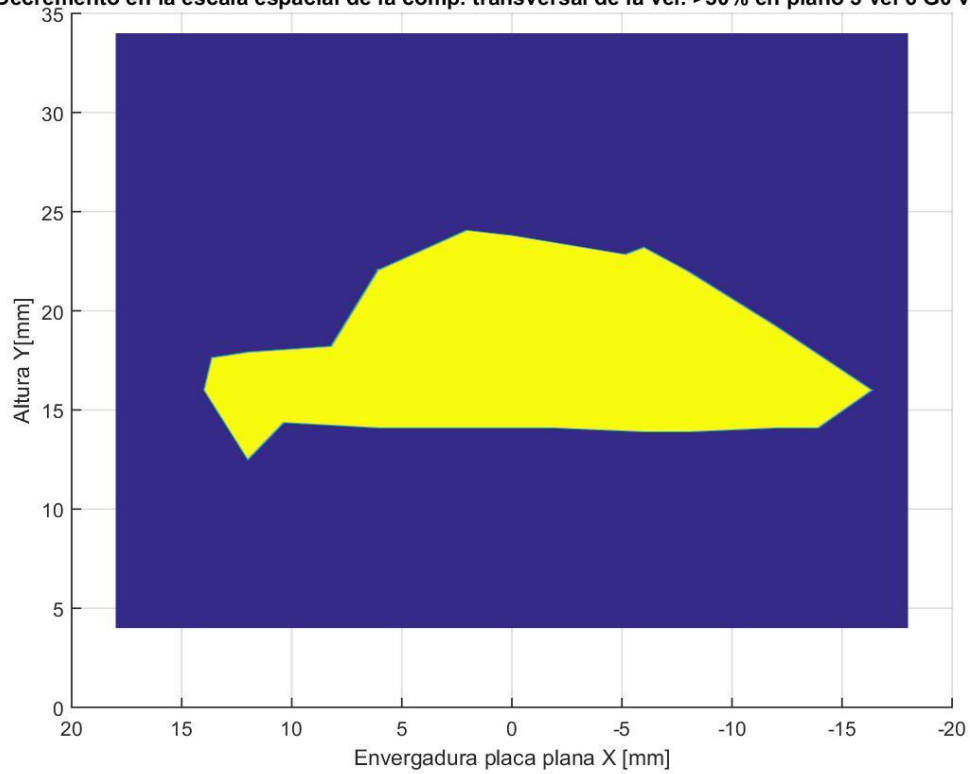
**Figura 175 Zona de influencia de la escala espacial**

**Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 3 vel 6 G0 vs G15**



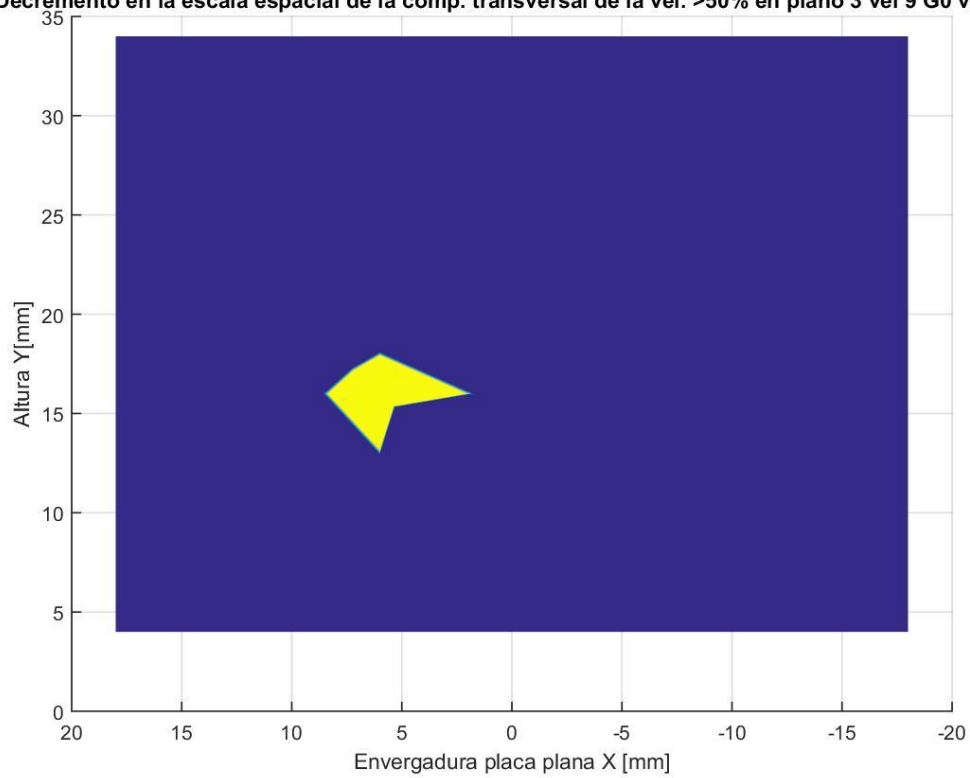
**Figura 176 Zona de influencia de la escala espacial**

**Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 3 vel 6 G0 vs G30**



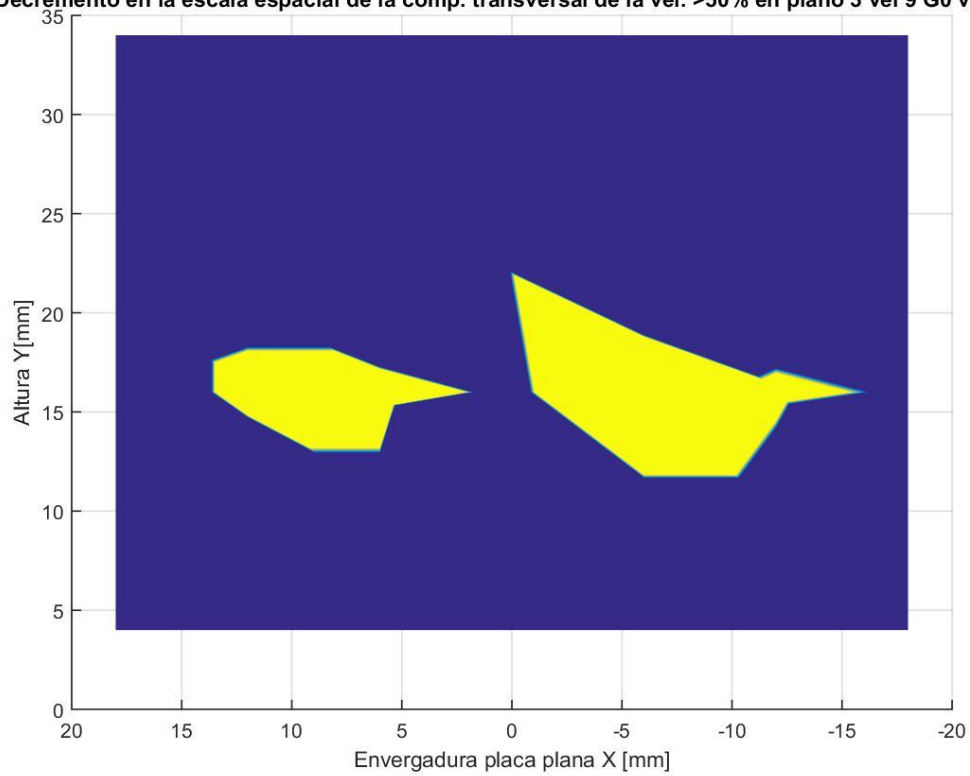
**Figura 177 Zona de influencia de la escala espacial**

**Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 3 vel 9 G0 vs G15**



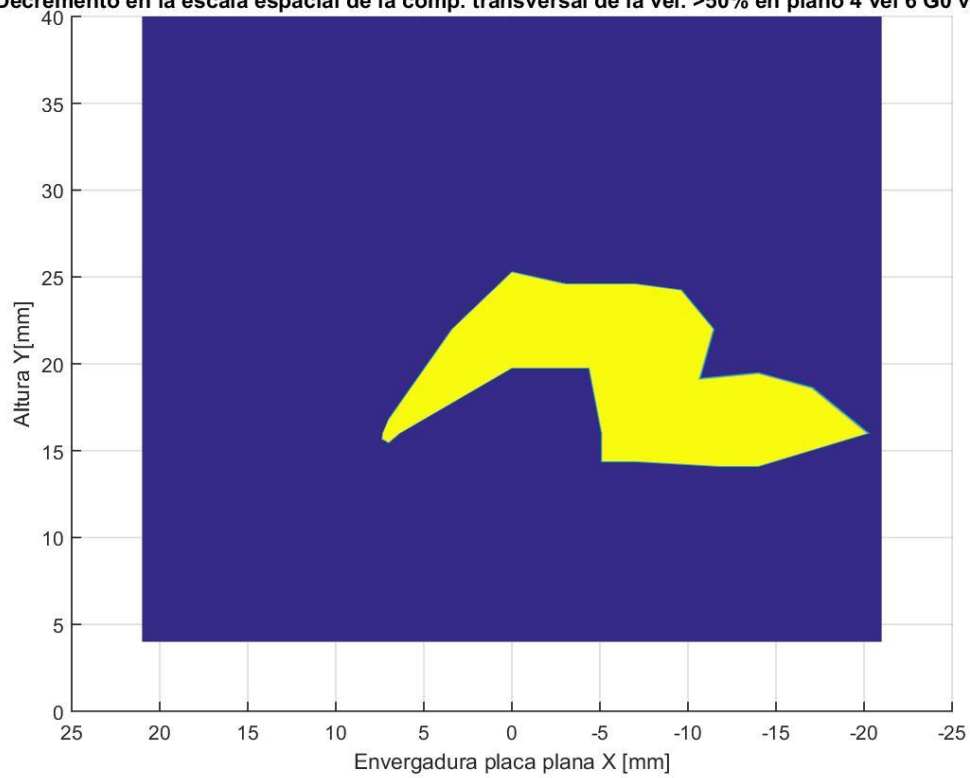
**Figura 178 Zona de influencia de la escala espacial**

**Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 3 vel 9 G0 vs G30**



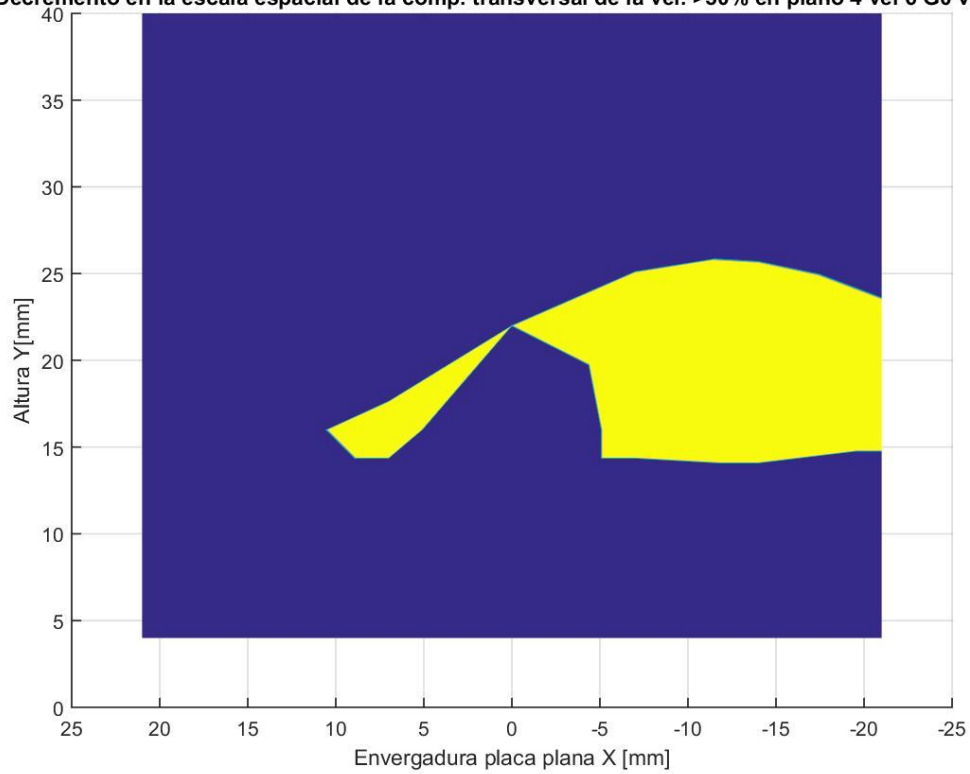
**Figura 179 Zona de influencia de la escala espacial**

**Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 4 vel 6 G0 vs G15**



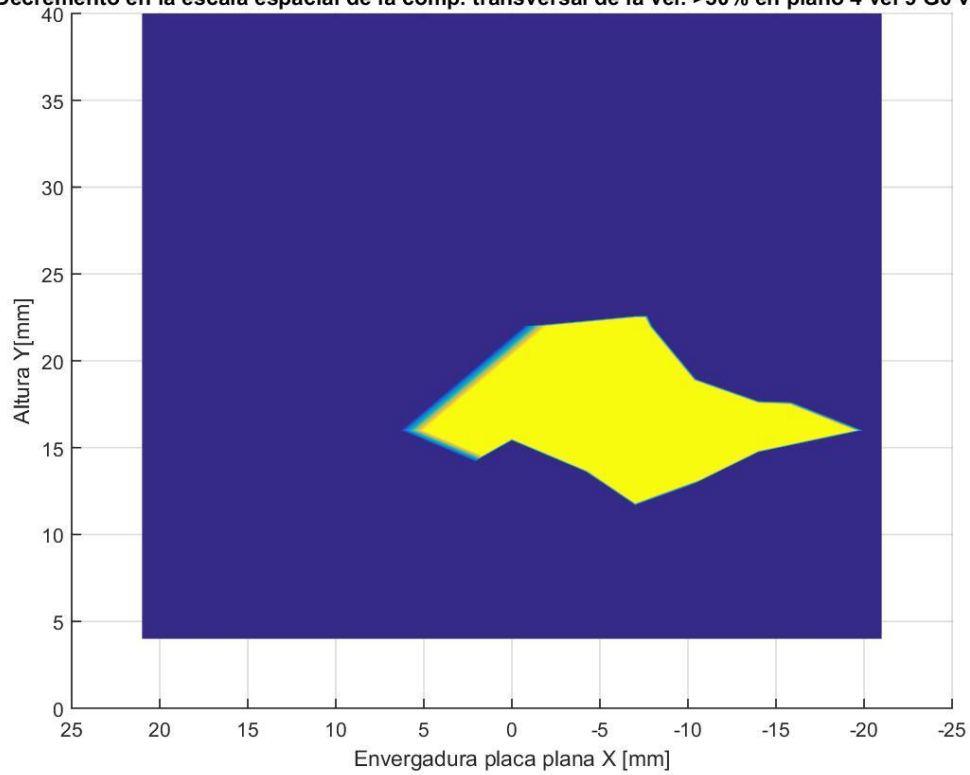
**Figura 180 Zona de influencia de la escala espacial**

**Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 4 vel 6 G0 vs G30**



**Figura 181 Zona de influencia de la escala espacial**

**Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 4 vel 9 G0 vs G15**



**Figura 182 Zona de influencia de la escala espacial**

Decremento en la escala espacial de la comp. transversal de la vel. >50% en plano 4 vel 9 G0 vs G30

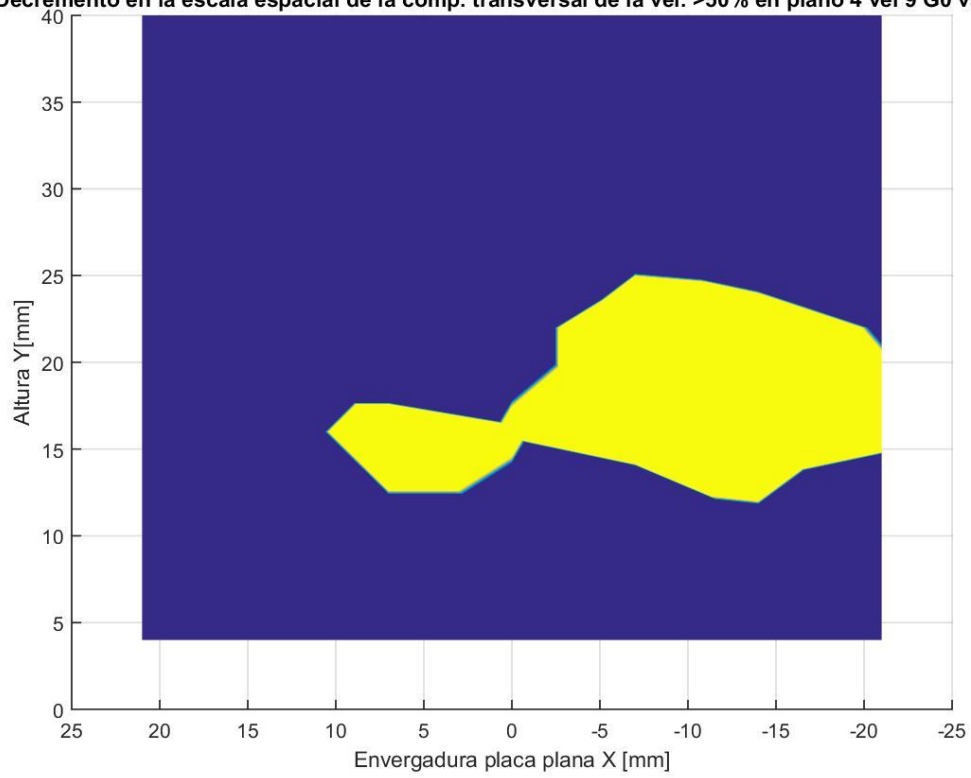


Figura 183 Zona de influencia de la escala espacial

## Resultados para la zona de influencia

En la siguiente tabla se resume una aproximación del tamaño de la zona de influencia, para cada variable, del GV en base a los gráficos realizados en la sección anterior. Todos los resultados son expresados en función de la cuerda del GV la cual posee un valor de 25 mm.

Intensidad tur V absoluta											
Vel 6m/s G15			Vel 6m/s G30			Vel 9m/s G15			Vel 9m/s G30		
	Tamaño Horizontal	Tamaño Vertical		Tamaño Horizontal	Tamaño Vertical		Tamaño Horizontal	Tamaño Vertical		Tamaño Horizontal	Tamaño Vertical
Plano 1	0,32 c	0,64 c	Plano 1	0,46 c	0,8 c	Plano 1	0,36 c	0,64 c	Plano 1	0,48 c	0,8 c
Plano 2	0,56 c	0,72 c	Plano 2	0,64 c	0,88 c	Plano 2	0,68 c	0,88 c	Plano 2	0,72 c	0,96 c
Plano 3	0,88 c	0,72 c	Plano 3	1,2 c	0,92 c	Plano 3	0,88 c	0,8 c	Plano 3	1,2 c	0,88 c
Plano 4	1,2 c	0,92 c	Plano 4	1,28 c	1,04 c	Plano 4	1,28 c	0,92 c	Plano 4	1,24 c	1,04 c
escala espacial V *											
Vel 6m/s G15			Vel 6m/s G30			Vel 9m/s G15			Vel 9m/s G30		
	Tamaño Horizontal	Tamaño Vertical		Tamaño Horizontal	Tamaño Vertical		Tamaño Horizontal	Tamaño Vertical		Tamaño Horizontal	Tamaño Vertical
Plano 1	0,08 c	0,64 c	Plano 1	0,32 c	0,72 c	Plano 1	0,16 c	0,68 c	Plano 1	0,32 c	0,72 c
Plano 2	0,32 c	0,72 c	Plano 2	0,72 c	0,96 c	Plano 2	0,6 c	0,72 c	Plano 2	0,72 c	0,96 c
Plano 3	0,48 c	0,72 c	Plano 3	1,2 c	0,96 c	Plano 3	0,32 c	0,72 c	Plano 3	1,12 c	0,88 c
Plano 4	1 c	0,88 c	Plano 4	1,2 c	0,96 c	Plano 4	1 c	0,8 c	Plano 4	1,28 c	1 c

Tabla 73: Zona de influencia

\*Para la escala espacial el tamaño vertical de la zona fue determinado por el punto ubicado a mayor distancia vertical respecto a la placa sin tener en cuenta el punto inferior de donde comienza esa zona debido a que en las cercanías a la placa plana predominan las escalas pertenecientes a la capa límite.



## Conclusiones

---

Se logró establecer dimensiones para cada zona de influencia correspondiente a las variables referidas a la caracterización de la turbulencia del flujo.

Del análisis de la zona referida a la IT se puede concluir que la misma incrementa su tamaño horizontal a medida que nos alejamos del GV, en cuanto al tamaño vertical no se apreciaron variaciones importantes.

Respecto a la IT su valor máximo se sitúa en el plano más cercano al GV, a medida que nos alejamos del mismo su valor medio disminuye siendo el mismo, en el plano 4 ubicado a 10 cm, mucho más bajo respecto al primer plano. Esto último significa que en el plano más alejado pueden existir puntos donde el valor de la IT es el mismo que el del primer plano pero, en referencia a la cantidad de puntos que tengan este valor, serán muy menores.

A medida que el ángulo de ataque del GV pasa a un valor más grande se observó un incremento tanto en el tamaño de la zona de influencia como en el valor absoluto de la IT. Para la intensidad relativa no se apreciaron variaciones importantes.

En las secciones anteriores se estableció que la energía calculada por la función PSD se correspondía con la IT. Con esta aclaración podemos establecer que la zona de influencia de la intensidad de turbulencia incrementa su tamaño a medida que nos alejamos del GV, en contra partida la energización brindada por este disminuye.

En cuanto a la escala espacial generada por el VG se pudo establecer que su tamaño es próximo a la altura del mismo. Se obtuvo una zona donde se observan los cambios de escala aunque el tamaño de la misma no fue establecido con la precisión lograda para la IT debido a la dificultad para la identificación de estos cambios principalmente por la presencia de la capa límite en las cercanías de la placa plana.

Se observa que la componente transversal de la velocidad ubicada dentro de la zona de influencia sufre, en cercanías a la placa plana, una intensificación notoria de su magnitud y, en una ubicación más elevada dentro de la zona, un cambio de dirección. Esto evidencia la existencia de un fenómeno rotatorio dentro de la componente transversal del campo de velocidades.

Este cambio de sentido en la componente transversal sucede para todos los casos en una ubicación fuera de la capa límite.

La zona en la cual se hace presente el fenómeno rotatorio va decreciendo a medida que nos alejamos del GV pero se logra incrementar a medida que aumenta el ángulo de ataque y se incrementa la velocidad de la corriente libre.

Finalmente para la relación entre el número de Re y las distintas zonas se aprecia que, en referencia al tamaño, un aumento poco significativo y, en referencia a la magnitud de las variables, un aumento de su valor apreciable.

En conclusión se pudo establecer, para las distintas variables de turbulencia, la zona de influencia la cual permitió la caracterización de la estela generada por el GV.

## Trabajos futuros

---

Como posibles trabajos futuros, con el fin de lograr una caracterización de la estela más precisa, se proponen ensayos como visualización por humo y tintas.

A demás sería conveniente realizar medición de presiones sobre la placa con el fin de observar variaciones en la capa límite.

También sería conveniente montar, sobre la placa plana, GVs con configuración contra rotatoria y co rotaria y realizar mediciones similares al del presente trabajo con el fin de establecer las interferencias entre las zonas de influencias de cada GV y cuantificar las variaciones en los valores de las variables características de la turbulencia.

Se propone un ensayo en el cual se monte el GV sobre un perfil aerodinámico en una condición para la cual se encuentre con flujo desprendido. Se realizan medición de presiones y de fuerzas aerodinámicas para diferentes configuraciones del GV con el fin de poder analizar las variaciones en la capa límite y coeficientes aerodinámicos para evidenciar el efecto del VG en la eficiencia del mismo.

## Referencias

---

- [1] Dr. H Schlichting; Teoría de la capa limite 5ta edición
- [2] Gad-el-Hak, M. (2000). Flow control: Passive, Active and Reactive Flow Management. Cambridge Univ. Press. ISBN 0 521 77006 8.
- [3] Ramirez Puente, A.J “Uso de micro generadores de vortices para incrementar la autoridad de las superficies de control”